

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

До захисту допущено:

В.о.завідувача кафедри

_____ Олександр ОХРІМЕНКО

«___» _____ 2020р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи та технології формоутворення деталей»

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

на тему: «Головка розточна збірна для оброблення закритих поверхонь»

Виконав:

студент III курсу, групи МІ-п71

Кучерук Дмитро Валерійович

Керівник:

Доцент, к.т.н.

Джулій Дмитро Юрійович

Рецензент:

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4		Технічне завдання	2	
3	A4	ДП МІ-п7107.00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	100	
4	A1	ДП МІ-п7107. 01.000 ТК	Синтез конструкції розточних головок для закритих поверхонь та аналіз деталі що оброблюється	1	
5	A1	ДП МІ-п7107. 02.000 ТК	Конструкція інструменту	5	
6	A1	ДП МІ-п7107. 03.000 ТК	Графічне зображення технологічного процесу	4	
7	A1	ДП МІ-п7107. 04.000 ТК	Пристосування для фрезерування пазу для установки твердосплавної пластини	2	
8	A1	ДП МІ-п7107. 05.000 ТК	Керуюча програма фрезерного оброблення корпусу леза	1	
9	A1	ДП МІ-п7107. 06.000 ТК	Аналіз напружено деформованого стану	1	

				ДП МІ-п7107 00.000.00		
	ПІБ	Підп	Дата			
Розробн.	Кучерук Д.В.			Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Керівн.	Джулій Д.Ю.				1	1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. КМ Гр. МІ-п71	
Н/контр.	Адаменко Ю.І.					
Зав.каф.	Охріменко О.А.					

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Інструментальні системи та технології формоутворення деталей»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

_____ Олександр ОХРИМЕНКО

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Кучерук Дмитро Валерійович

1. Тема проєкту «Головка розточна збірна для оброблення закритих поверхонь», керівник проєкту Джулій Дмитро Юрійович, доцент, к.т.н, затверджені наказом по університету від «20» травня 2020 р. № 1120-с
2. Термін подання студентом проєкту _____
3. Вихідні дані до проєкту:
 - оброблювана поверхня: матеріал – Сталь 40Х; Параметри оброблювальної деталі, діаметр 20 мм, точність h7-h8, поверхня закрита;
 - інструмент: Головка розточна збірна для оброблення закритих поверхонь;
4. Зміст пояснювальної записки: Аналіз оброблюваної поверхні та способи її оброблення, розробка конструкції розточної головки для оброблення закритих поверхонь, проектування технологічних операцій для виготовлення корпусу леза, розробка керуючої програми для верстату з ЧПК, пристосування для фрезерування пазу для установки твердосплавної пластини, аналіз напружено-деформованого стану при роботі інструменту.
5. Перелік графічного матеріалу: Синтез конструкції розточної головки для закритих поверхонь та аналіз деталі що оброблюється, конструкція інструменту,

графічне зображення технологічного процесу, пристосування для фрезерування пазу для установки твердосплавної пластини, керуюча програма фрезерного оброблення корпусу леза, аналіз напружено-деформованого стану.

6. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
	Аналіз оброблюваної поверхні та способи її оброблення	04.03.2020	
	Розробка конструкції розточної головки для оброблення закритих поверхонь	18.03.2020	
	Проектування технологічних операцій для виготовлення корпусу леза	08.04.2020	
	Розробка керуючої програми для верстату з ЧПК	22.05.2020	
	Пристосування для фрезерування пазу для установки твердосплавної пластини	02.06.2020	
	Аналіз напружено-деформованого стану при роботі інструменту	5.06.2020	

Студент

Дмитро КУЧЕРУК

Керівник

Дмитро ДЖУЛІЙ

Олександр ОХРИМЕНКО

"__" ____ "20__ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ ДО ПРОЕКТУ	
Тема проєкту	Головка розточна збірна для оброблення закритих поверхонь
Зміст проєкту	<p>Розробка головки розточної збірної конструкції з твердосплавною пластинкою для обробки закритих поверхонь.</p> <p>Аналіз оброблюваної поверхні та способи її оброблення, розробка конструкції розточної головки для оброблення закритих поверхонь, проектування технологічних операцій для виготовлення корпусу леза, розробка керуючої програми на верстати з ЧПК, пристосування для фрезерування пазу для установки твердосплавної пластини, аналіз напружено-деформованого стану при роботі інструменту.</p>
Технічні умови до проєкту	<p>Оброблювана поверхня:</p> <p>Матеріал – Сталь 40Х;</p> <p>Діаметр - 20 мм,</p> <p>Точність h7-h8;</p> <p>Спосіб підведення МОТС – внутрішнє підведення.</p> <p>Кількість різальних елементів – 1.</p>
Особливі вимоги	

ЛИСТ	ЗМІСТ ІЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ	
СП	1. Способи оброблення складно доступних поверхонь. 2. Аналіз конструкцій інструменту для оброблення закритих поверхонь та синтез конструкції розточної головки з відкидним лезом.	
ОП	1) Складальне креслення головки. 2) Робочі креслення складальних одиниць. 3) 3D модель корпусу леза. 4) 3D модель розточної головки.	
ТС	Ескіз технологічних операцій 1) Точіння корпусу леза 2) Шліфування корпусу леза 3) Фрезерування паза під установку пластини 4) Свердління отворів під установочний штифт	
КС	1) 3D модель пристосування для фрезерування пазу для установки твердосплавної пластини 2) Складальне креслення пристосування для фрезерування пазу для установки твердосплавної пластини	
СС	Розробка керуючої програми на верстаті з ЧПК	
ДС	Аналіз напружено-деформованого стану при роботі інструменту	
Студент <u>Кучерук Д.В.</u> Керівник <u>Джулій Д.Ю.</u>		дата "___"_____"2020 р дата "___"_____"2020 р
Прийняті позначення: СП – стан питання ОП – об'єкт проектування ТС – технологічна складова		КС – конструкторська складова СС – спеціальна складова ДС – дослідницька складова

Анотація

Метою дипломного проекту було розроблення головки розточної збірної для оброблення закритих поверхонь.

Головка розточна збірна для оброблення закритих поверхонь дає можливість оброблювати поверхні до яких немає доступу звичайним інструментом а доступ до закритої поверхні є тільки через отвір. Використання такого інструменту можливе на різних верстатах в незалежності від системи керування.

Головка розточна збірна для оброблення закритих поверхонь складається з державки, корпусу леза, поршня, штока, пружини, та твердосплавної пластини. Закріплення державки та корпусу леза проводиться за допомогою гвинтів, а твердосплавна різальна пластина кріпиться за допомогою штифта.

Для виконання завдання потрібно вирішити такі задачі:

1. Провести аналіз оброблювальної поверхні та виконати огляд існуючих конструкцій головок розточних для закритих поверхонь;
2. Вибрати матеріал інструменту та корпусу;
3. Спроекувати технологічний процес виготовлення розроблюваного інструменту;
4. Розрахувати припуски оброблення;
5. Розрахувати режими різання;
6. Підібрати та модифікувати пристосування для виготовлення інструменту;
7. Розробити керуючу програму для виготовлення інструменту;
8. Дослідити напруження, що діють на інструмент в процесі її роботи.

Ключові слова: закрита поверхня, розточна головка, лезо, корпус, технологічний процес.

Summary

The aim of the diploma project was to develop the head of the boring tool for the treatment of closed surfaces.

The head of a boring tool combined for processing of the closed surfaces gives the chance to process surfaces to which there is no access by the usual tool and access to the closed surface is only through an opening. The use of such a tool is possible on different machines, regardless of the control system.

The head of a boring tool combined for processing of the closed surfaces consists of the holder, the case of a blade, the piston, a rod, a spring, and a hard-alloy plate. Fastening of the holder and the blade body is carried out by means of screws, and the hard-alloy cutting plate is fastened by means of a pin.

To perform the task you need to solve the following tasks:

1. To carry out the analysis of a processing surface and to carry out inspection of existing designs of heads boring for the closed surfaces;
2. Choose the material of the tool and body;
3. To design the technological process of manufacturing the developed tool;
4. Calculate processing allowances;
5. Calculate cutting modes;
6. Select and modify devices for tool making;
7. Develop a control program for the manufacture of tools;
8. Investigate the stresses acting on the tool during its operation.

Key words: closed surface, boring head, blade, body, technological process.

ВСТУП	10
1.АНАЛІЗ ОБРОБЛЮВАНОЇ ПОВЕРХНІ ТА СПОСОБІВ ЇЇ ОБРОБЛЕННЯ. СИНТЕЗ КОНСТРУКЦІЇ ІНСТРУМЕНТУ.....	12
1.1 Опис оброблюваної поверхні	12
1.2 Аналіз оброблюваної поверхні та способів її оброблення.....	13
1.3 Аналіз та Синтез конструкції інструменту.....	16
1.4.Вибір конструкції хвостовика	21
2.РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ РОЗТОЧНОЇ ГОЛОВКИ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ЗАКРИТИХ ПОВЕРХНЬ.....	26
2.1.Матеріал різальної частини	26
2.2. Опис різальної пластини	26
2.3 Принцип роботи інструменту.	27
2.4 Процес побудови 3D моделі.	29
2.5. Процес побудови робочого креслення	34
3.ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ЛЕЗА	36
3.1.Вибір заготовки для виготовлення корпусу лека	36
3.2.Базовий технологічний процес	37
3.3.Технологічний процес виготовлення корпусу лека	38
3.4.Розрахунок припусків на механічну обробку	42
3.5.Розрахунок режимів різання на виготовлення корпусу лека	47
4.РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК	50
4.1 Вибір верстата з числовим програмним керуванням	50
4.2. Створення керуючої програми для виготовлення корпусу лека на верстаті з ЧПК.	51
5.ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРУВАННЯ ПАЗУ ДЛЯ УСТАНОВКИ ТВЕРДОСПЛАВНОЇ ПЛАСТИНИ.....	53
5.1. Вибір конструкції пристосування для фрезерування пазу для установки пластини	53
5.2. Розрахунок сили затиску трьохкулачкового патрону	56
6.АНАЛІЗ НАПРУЖЕННО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРИ РОБОТІ ІНСТРУМЕНТУ	57
6.1 Визначення сили різання.....	57
6.2.Аналіз напружено-деформованого стану	60

ВСТУП

У виробництві часто постає проблема оброблення закритих поверхонь, такі поверхні зустрічаються, наприклад, в корпусах редукторів та двигунів, в яких доступ є тільки через отвір. Також такі поверхні зустрічаються на вилках, карданних з'єднаннях, внутрішніх поверхнях труб, внутрішніх поверхнях поршнів і т.д. Тому виникає необхідність в якісному обробленні таких поверхонь, оскільки будь-яка невідповідність чи задирка може призвести до катастрофічних результатів [5].

Для виконання операції оброблення закритих поверхонь можуть використовуватись наступні інструменти: зенкери, цековки, зенківки, розточувальні головки. Розглянуті інструменти мають перевагу над іншим подібним інструментом за рахунок можливості оброблення закритих поверхонь, потрапляючи до них через отвір зі сторони зони свердління. Сили різання, які виникають при виконанні таких операцій, можуть досягати великих значень, тому інструмент повинен мати значну міцність і жорсткість. Саме тому було проаналізовано наступні інструменти для оброблення таких поверхонь: зенківка з відкидною різцевою вставкою, розточувальна головка з циліндричним хвостовиком та відкидним лезом та розточувальна головка, яка складається з твердосплавної різальної частини, циліндричного хвостовика, корпусу леза, поршня, пружини, регулюючого штифта [5].

Принцип роботи зенківки з відкидною різцевою вставкою - при повороті вставки з лезом вона займає положення, що дозволяє потрапити їй в зону оброблення через отвір, в робочій позиції під дією сили власної ваги і інерції вона займає робоче положення, після цього включається зворотна подача шпинделя і відбувається оброблення. Дана конструкція не забезпечує надійної фіксації різального леза в закритому положенні. Принцип дії розточувальної головки з відкидним лезом полягає в відкриванні леза за рахунок відцентрових сил, які створює шпиндель при обертанні. Розточувальна головка з поршнем працює наступним чином: на поршень діє тиск охолоджувальної рідини, який натискає на регулюючий штифт, який в свою чергу натискає на лезо і воно вільно проходить через

отвір. Після позиціонування інструменту в робоче положення також за допомогою відцентрових сил лезо розкривається і таким чином воно опиняється в робочому положенні. При цьому немає небезпеки самовільного відкриття леза поза робочою позицією. До плюсів другого типу можна віднести його відносну простоту, але мінусами є можливість забивання стружкою, відсутність підведення охолоджуючої рідини, що особливо важливо при обробленні закритих зон. До плюсів третьої конструкції можна віднести надійність фіксації леза в закритому положенні, оскільки воно відтягується назад під тиском охолоджувальної рідини за допомогою поршня, керуючого штифта та пружини. Потік охолоджувальної рідини можна регулювати за допомогою системи керування верстата з ЧПК [5].

1.АНАЛІЗ ОБРОБЛЮВАНОЇ ПОВЕРХНІ ТА СПОСОБІВ ЇЇ ОБРОБЛЕННЯ. СИНТЕЗ КОНСТРУКЦІЇ ІНСТРУМЕНТУ.

1.1 Опис оброблюваної поверхні

Данна поверхня представляє собою поверхню яка знаходиться у важко доступному місці де не можливо працювати звичним інструментом, де доступ до поверхні є тільки через отвір приклад такої поверхні на ведено на рис.

1.1

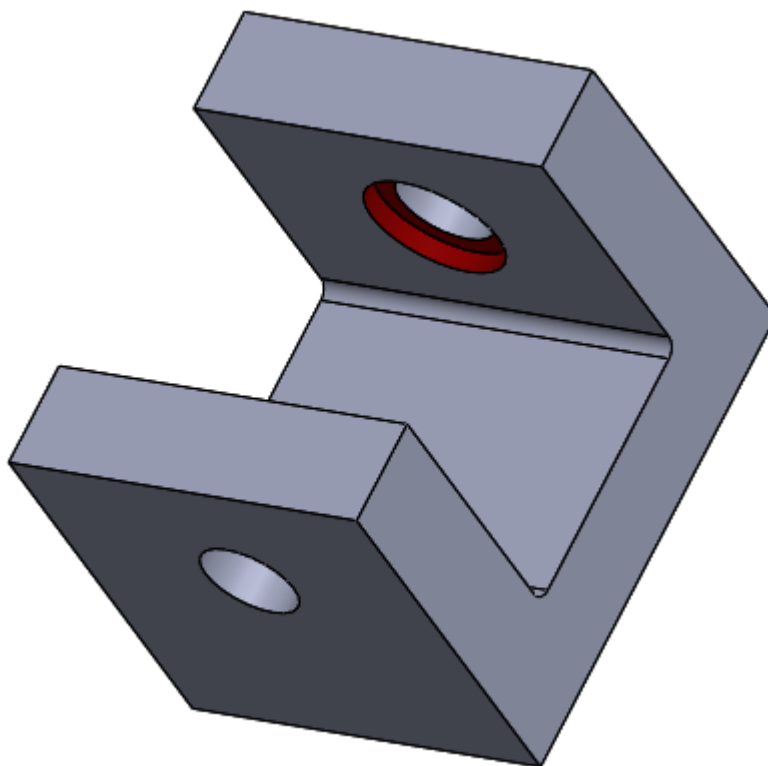


Рисунок 1.1 - Приклад оброблюваної поверхні

Оброблюваний матеріал - Сталь 40х

Отвір через який проходить інструмент складає $\varnothing 14$ мм.

Діаметр розточування який має отримати деталь буде складати $\varnothing 20$ мм

На рис 1.2 наведено ескіз обколюваної поверхні:

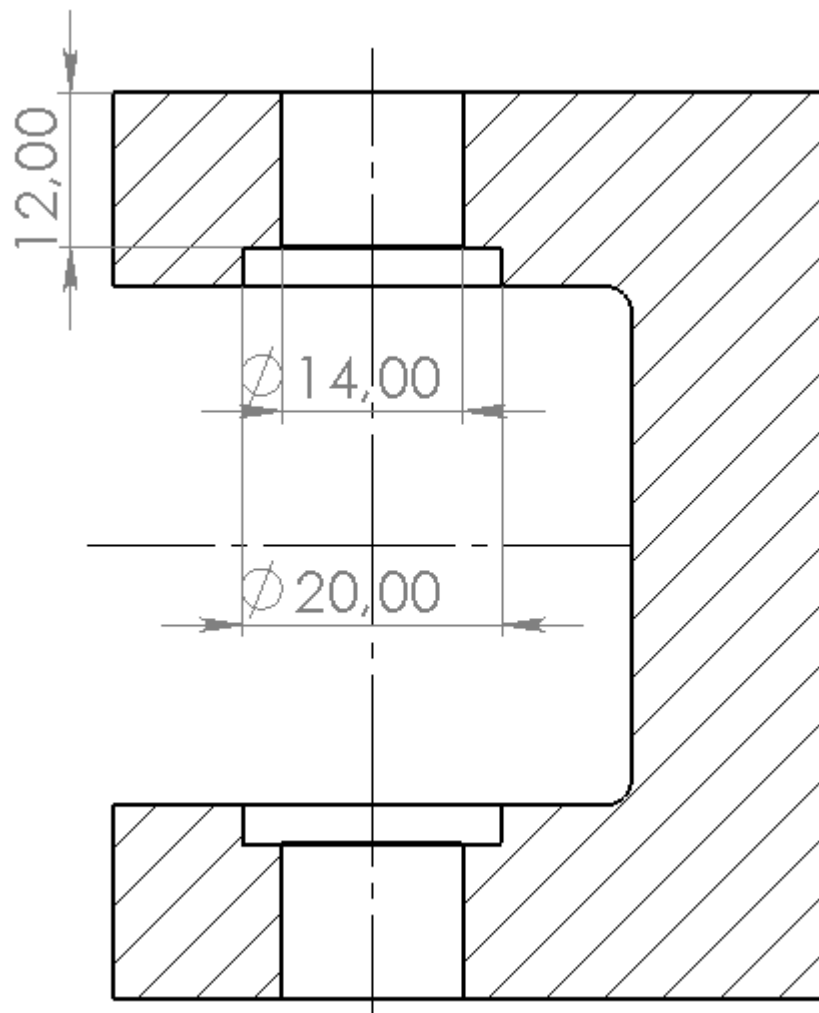


Рисунок 1.2 - Ескіз оброблювальної поверхні

1.2 Аналіз оброблюваної поверхні та способів її оброблення.

В машинобудівному виробництві є потреба та необхідність отримання круглих отворів різного діаметра, форми, з різними по точності та чистоті оброблення. Отвори можуть бути глухими і наскрізними, конічними, циліндричними складної форми, ступінчастими, та з канавками(для стопорних та технологічних кілець,) і т.д. Оброблення такого різноманіття потребує різних підходів, використання широкої номенклатури та різних універсальних і спеціальних інструментів та пристосувань [1].

Найпоширенішими операціями оброблення отворів які виконуються на верстатах свердлильно-розточувальної групи являються:

- Свердління, яке використовується для попереднього чи кінцевого отримання отворів в суцільному матеріалі;

- Зенкерування, використовується для збільшення розмірів, та підвищення точності форми і розташування попередньо просвердлених отворів. До типів зенкерів відносять: зенківки, цековки, які виконують операції по обробленню конічних і ступінчатих поверхонь отворів, наприклад торцевих поверхонь, прилеглих до отворів, прихованих кріплень, болтів чи гайок;

- Розточування (оброблення розточними різцями). Використовуються для отримання складних поверхонь та конструкцій ,які мають в собі ступені, фаски та канавки та інші елементи складних форм. Також розточування використовується для оброблення точних циліндричних отворів великого діаметра і отворів з високими вимогами до взаємного розташування на токарних та розточувальних верстатах.

- Розвертування, використовують при отриманні точних циліндричних поверхонь чи конічних отворів. Точність досягається за рахунок багатолезового інструмента, який називається розгортка, Розгортки - це різальний точний інструмент який використовується для чистового оброблення різноманітних форм отворів та придання їм точності та шорсткості . Основне призначення розгортки це фінішне оброблення отвору після свердління, розточування чи зенкерування.

Часто при виготовленні реальних виробів в сучасному машинобудуванні існує необхідність оброблення закритих поверхонь. Наприклад в автомобільній галузі зустрічаються такі деталі як карданна передача рульового керування, або рульові кулаки (рис1.3).

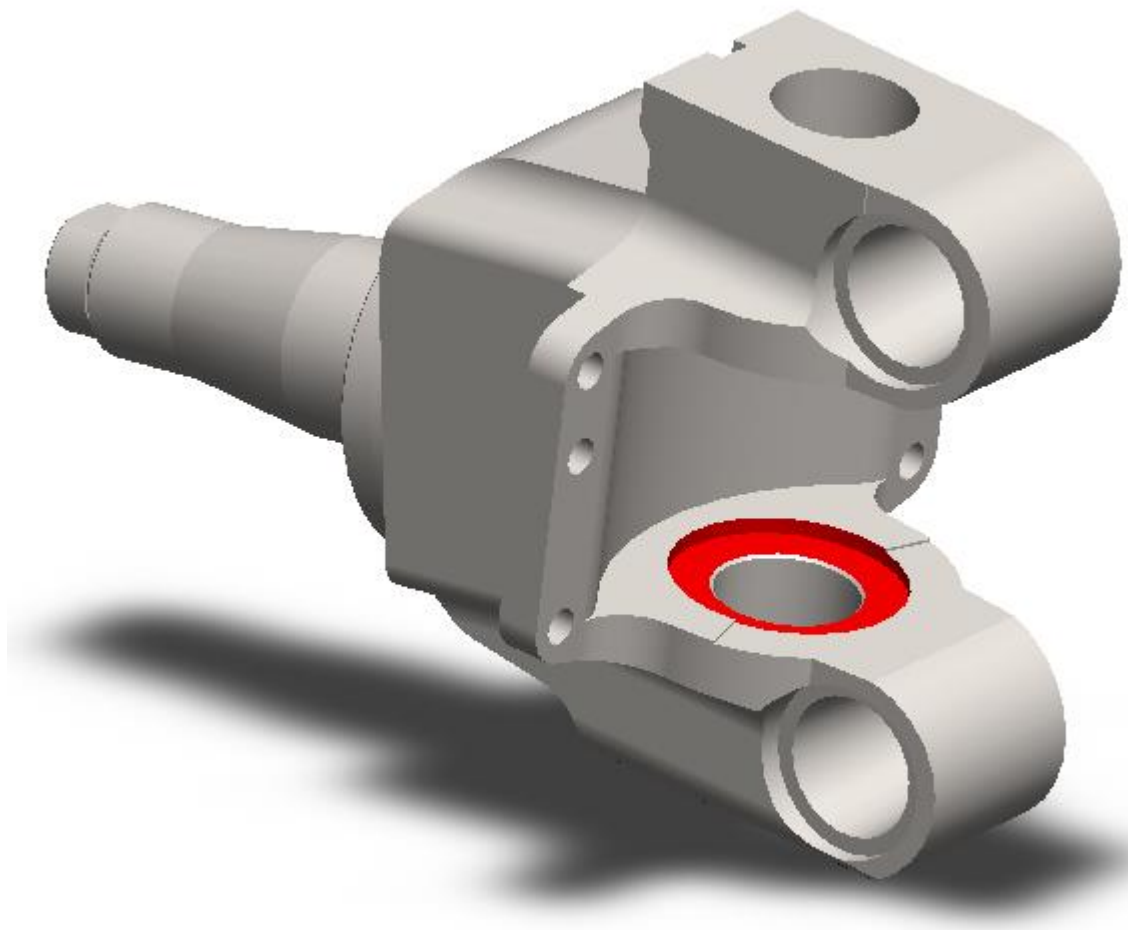


Рисунок 1.3 – Поворотний кулак автомобіля.

В аерокосмічній галузі це місця під підшипник компонентів шасі і так далі. Також такі деталі зустрічаються в енергетичній галузі в деталях таких як корпус потокових турбін, або корпуси компресорів. Приклади таких поверхонь наведено на рис 1.1 та рис 1.2 до таких поверхонь відносяться і поверхня з завдання до проекту. Для її оброблення розглянуто розточні головки для оброблення закритих поверхонь так як машинобудівна галузь швидко розвивається і потребує точності та швидкості виготовлення нових сучасних деталей.

Закрита поверхня представляє собою поверхню доступ до якої є через отвір приклад даної поверхні представлено на рис 1.4.

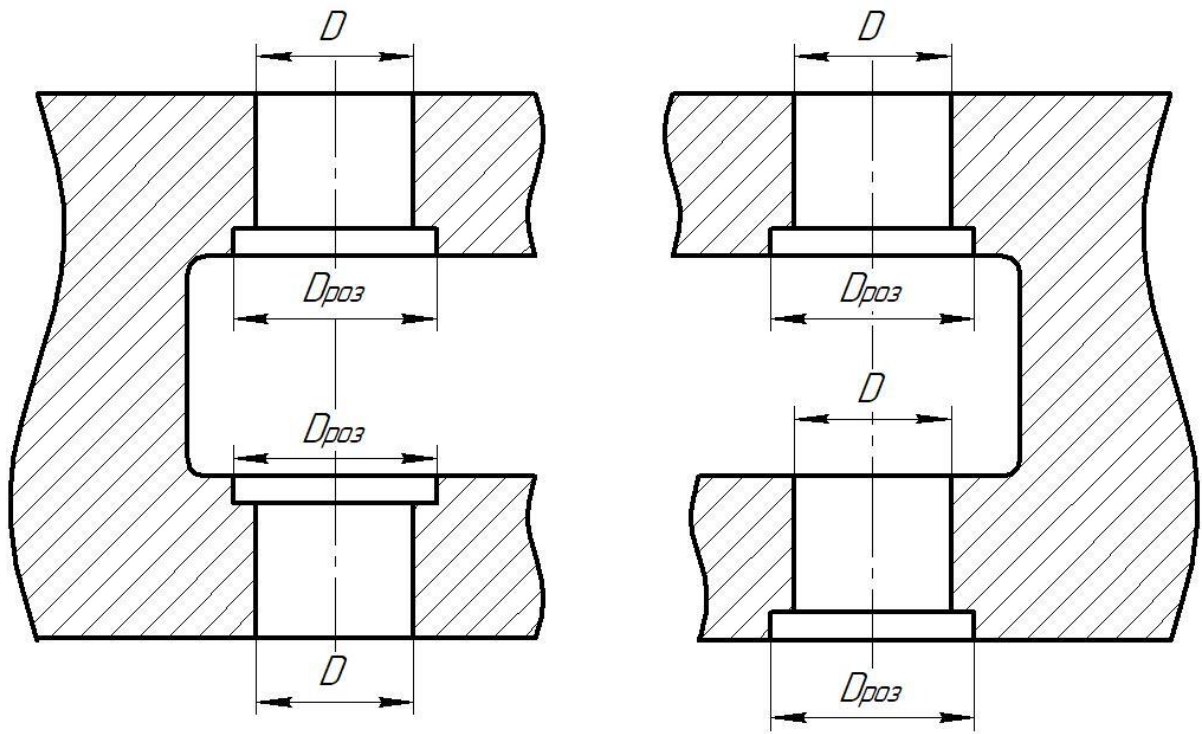


Рисунок 1.4 – приклад закритої поверхні

Де D - це діаметр отвору через який можна отримати доступ до поверхні

$D_{роз}$ – це посадкове місце яке треба отримати після обробки

h - висота оброблюваного виступу.

1.3 Аналіз та Синтез конструкції інструменту.

Так як існує потреба в кінцевому обробленні закритих поверхонь, для проекту було вибрано розточну головку для закритих поверхонь. Для вибору конструкції інструменту необхідно провести аналіз існуючих конструкцій розточних головок за різними літературними джерелами.

Зенківка з відкидною різальною вставкою

Застосовується для підрізування торців отворів розташованих усередині замкнутого простору заготовки (рис 1.5).

В процесі оброблення зенківка центрується по отвору в заготівлі, тому діаметр d циліндричної частини рамки 1 повинен мати невеликий зазор по відношенню до діаметру отвору в заготівці[3].

Переточування різальної вставки по задніх поверхнях на торці і по периферії виконують окремо від оправки на заточному верстаті [3].

Подібна автоматична зворотна зенковка застосовується на верстатах з ЧПК [4].

Конструкція розточні головки від фірми Cogsdill модель Flipcut показана на .(рис 1.6)

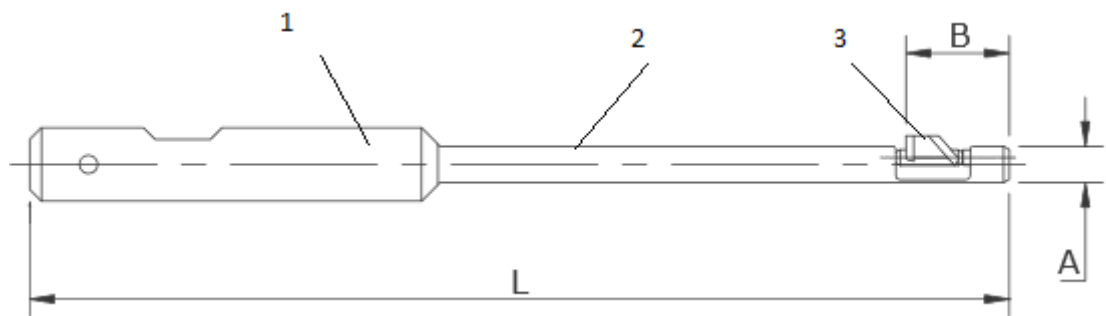


Рисунок 1.6 - Розточна головка фірми Cogsdill моделі Flipcut[2]

Інструмент Flipcut призначений для виконання операцій із зворотнім утворенням уступу чи її фаски з заданими розмірами в одній програмі. Розточна головка переводиться в робоче положення при обертанні шпинделя в праву сторону що дає можливість оброблювати як поверхню так і фаску .

При роботі шпинделя в ліву сторону під дією відцентрових сил інструмент переводиться в закрите положення для спрощеного витягування інструменту з робочої зони[2].

Інструмент Flipcut призначений для використання на всіх типах обладнання та у всіх видах виробничих середовищ. Інструменти для розмірів отворів від .122 дюймів і вище (дюймова програма) та інструменти для розмірів отворів від 8,00 мм і вище (метрична програма) мають можливість внутрішнього охолодження [2].

Розточна головка- це напаяна конструкція з карбіду. Сталевий корпус поглинає удар. Різальна кромка твердосплавної пластини розсіює тепло для отримання покращених характеристик різання [2]

В конструкції передбачено два види леза [2]:

- Різальна пластина, призначений для операцій з нахилом на задній планці та передній різальній кромці.
- Різальна пластина, призначена для операцій із задньої та передньої різальної кромки.

Як працює інструмент від Flipcut показано на рисунку 1.7:

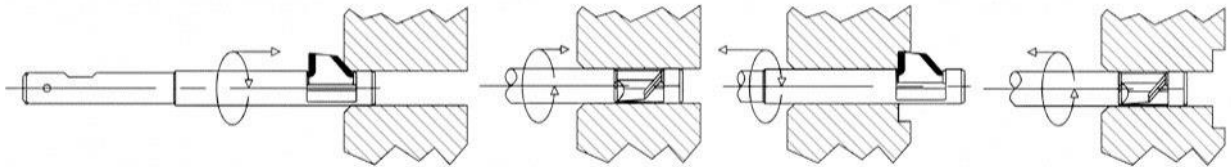


Рисунок 1.7 - Принцип роботи інструменту Flipcut [2]

1. Передня різальна кромка відкривається при вході в отвір, використовуючи обертання шпинделя в праву сторону (за годинниковою стрілкою) з відповідною швидкістю [3].
2. Обертання в ліву сторону (проти годинникової стрілки) при максимумі, призведе до механічного замикання різця (за допомогою відцентрової сили), щоб інструмент міг подаватись через отвір [3].
3. Задана оброблювальна поверхня обробляється за допомогою обертання в праву сторону (за годинниковою стрілкою) з відповідною швидкістю [3].
4. За рахунок обертання проти годинникової стрілки з максимальною швидкістю відбувається закриття різця щозабезпечує можливість виводу інструменту з отвору [3].

Конструкція компанії Heule Tool модель BSF [5] (рис 1.8).

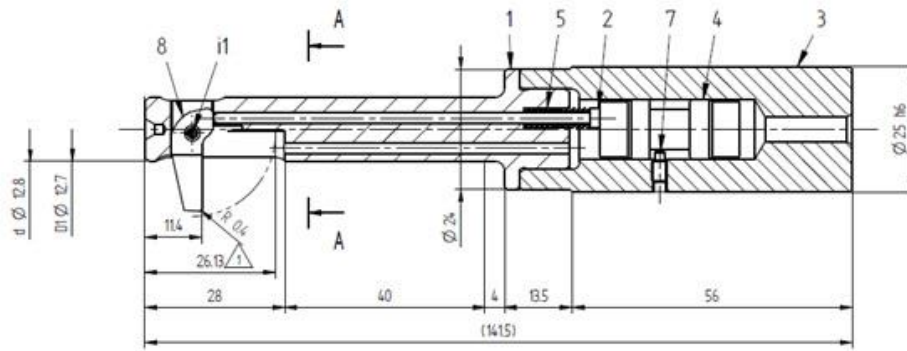


Рисунок 1.8 - Розточна головка зі зворотнім ходом

Запропонована розточна головка має перевагу над іншим подібним інструментом тим що має можливість оброблювати закриті поверхні, потрапляючи до них через отвір зі сторони зони свердління. Сила різання, яка виникає при виконанні таких операцій, може досягати великих значень, як і потужність та крутний момент тому інструмент повинен мати значну міцність і жорсткість. Саме тому було прийняте рішення у якості базового інструменту вибрати розточувальну головку для підрізки зворотнім ходом [2]. Для підвищення експлуатаційних властивостей різальні елементи доцільно виготовляти з твердого сплаву. Оскільки матеріал оброблюваної деталі це сталь, то в якості матеріалу різальної частини розточувальної головки було обрано T15K6.

Розточувальна головка складається з різальної частини, хвостовика типу Weldon 25.0/16.0 з матеріалу Сталь 40х, корпусу леза, поршня, пружини, регулюючого штифта. На поршень діє тиск охолоджувальної рідини, який натискає на регулюючий штифт який в свою чергу натискає на лезо і воно вільно проходить через отвір потім за допомогою відцентрових сил лезо розкривається і таким чином воно опиняється в робочому положенні [5].

Розточувальна головка може використовуватись для оброблення деталей з різних матеріалів, за умови правильного вибору матеріалу та геометрії різальної частини, на верстатах з ЧПК і функціонує без зміни напрямку обертання шпинделя або використання додаткового контактного механізму лезо розкривається в робоче положення за допомогою відцентрової сили при активації шпинделя. Лезо відтягується назад під тиском охолоджувальної рідини

за допомогою поршня, керуючого штифта та пружини. Потік охолоджувальної рідини можна регулювати за допомогою системи керування ЧПК. В корпусі та різальному елементі виконують спеціальні отвори для подачі мастильно-охолоджуючої рідини, які направляють її в зону оброблення. Це забезпечує збереження всієї поверхні в чистоті і дозволяє оптимально видаляти стружку та охолоджувати зону різання. Данна конструкція підвищує продуктивність праці та якість оброблюваних поверхонь деталей, забезпечує формування поверхонь з допуском Н7-Н8 та шорсткістю Ra 1.25 [5].

Оброблення закритих поверхонь даною розточною головкою покращить якість кінцевої деталі, а також пришвидшить процес оброблення та відведення стружки, а за рахунок охолодження зони різання забезпечить більш продуктивне оброблення [4].

1.4.Вибір конструкції хвостовика

1.4.1 Циліндричний хвостовик по DIN 1835A

Циліндричний хвостовик призначений для інструменту, що виконує чистову та напівчистову обробки, в тому числі і на верстатах для високошвидкісної обробки (частота обертання шпинделя до $80\,000\text{ хв}^{-1}$). Найбільший діаметр інструмента не повинен перевищувати діаметр хвостовика.

Конструкція гладкого циліндричного хвостовика приведена на (рис 1.9)

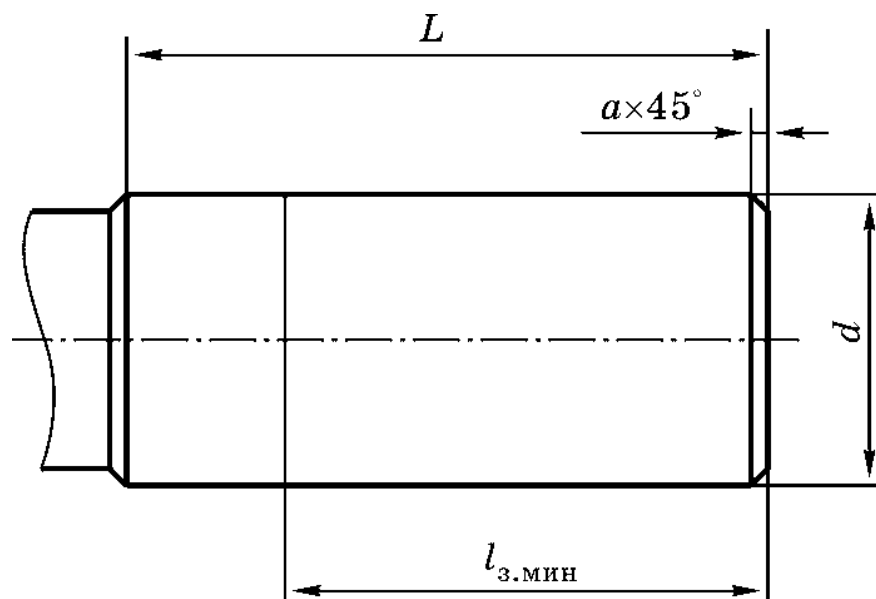


Рис. 1.9 Циліндричний хвостовик по DIN 1835A[6]

1.4.2. Циліндричні хвостовики типу WELDON

Циліндричні хвостовики типу Weldon призначені для чорнового та чистового інструменту, основним недоліком є підвищене биття різальних кромek за рахунок закріплення гвинтами в радіальному напрямку. При використанні перехідних циліндричних цанг точність закріплення інструменту для патронів гідравлічних, цангових, може бути нижче. Це створює можливості застосування патронів Weldon в обґрунтованих випадках навіть для чистового оброблення.

Конструкція циліндричного хвостовика типу WELDON приведена на рис 1.10

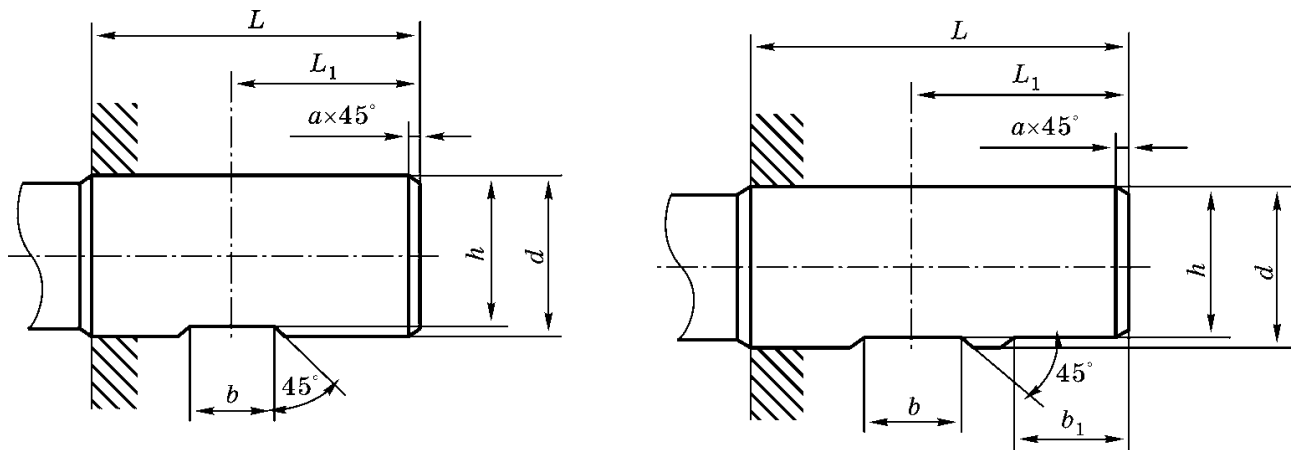


Рисунок 1.10 - Циліндричний хвостовик типу WELDON [6]

1.4.3. Циліндричний хвостовик з різьбою

Інструмент з циліндричними хвостовиками з різьбою в даний час знаходять обмежене застосування через складність конструкцій цангових патронів і цанг з різьбою і високого допустимого биття різальних кромek інструменту. Область застосування - чорнове оброблення.

Конструкція хвостовика приведена на рис1. 11.

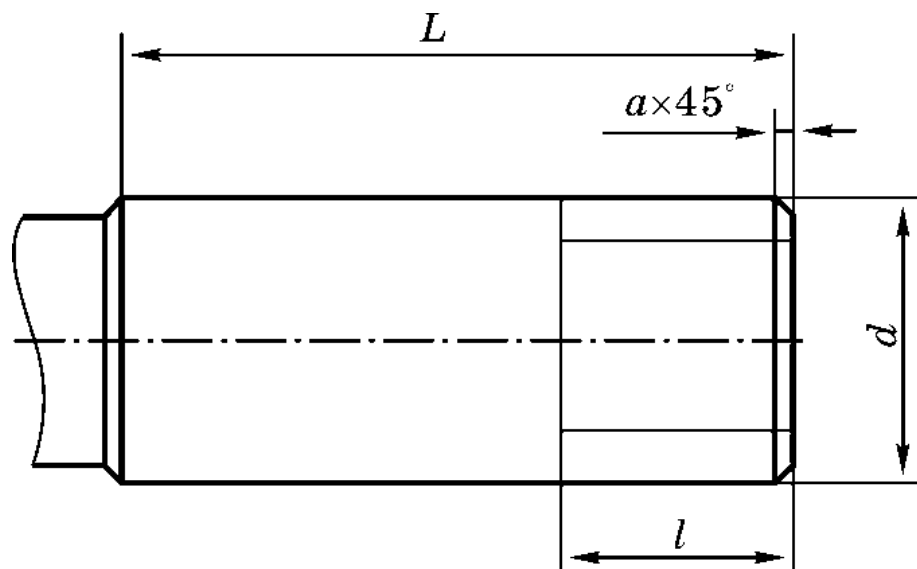


Рисунок 1.11 - Циліндричний хвостовик з різьбленням [6]

1.4.4. Конус інструментальний Морзе

Для інструментів існує декілька виконань хвостовика типу Морзе:

- з лапкою;
- з різьбою.

Інструмент з хвостовиком «лапкою» кріпиться на шпинделі з заклинюванням цієї лапки, для цього в шпинделі повинен бути відповідний паз. Лапка призначена полегшити вибивання конуса зі шпинделя і попередження прокручування. Схема хвостовика у виконанні типу «лапка» наведена рис.1.12.

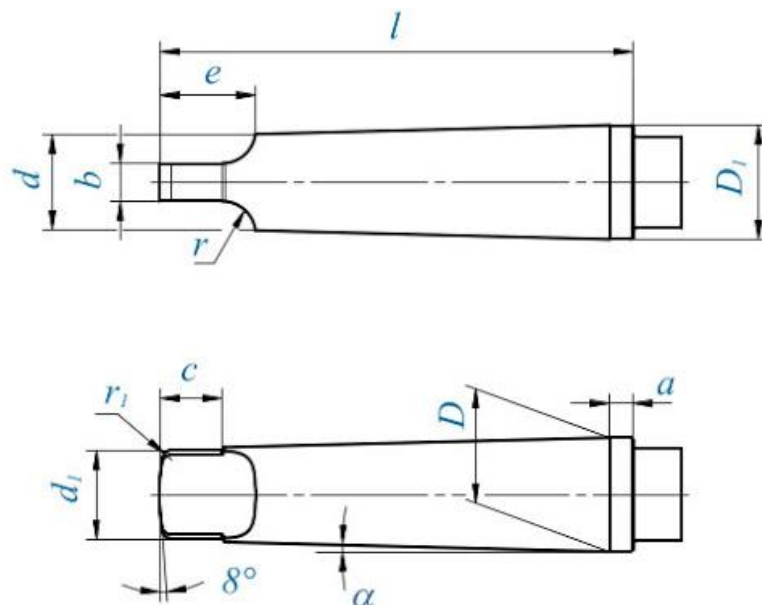


Рисунок 1.12 - Конус Морзе з лапкою

Інструменти з внутрішньою різьбою фіксуються в шпинделі штоком, та вкручується в торець конуса. Плюсом конуса Морзе з внутрішньою різьбою є гарантія неможливості випадання інструменту і полегшене виведення конусу який заклинив зі шпинделя. Схема хвостовика у виконанні типу «з різьбою» наведена рис 1.13.

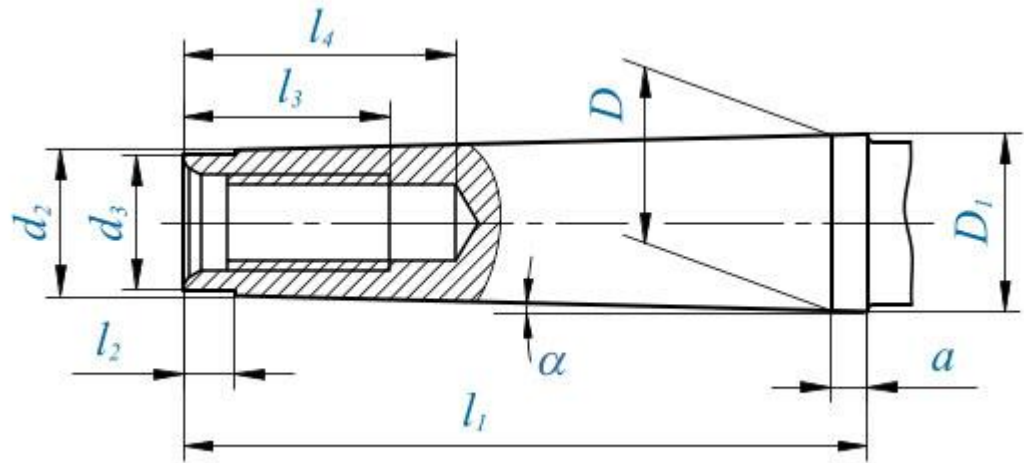


Рисунок 1.13 - Конус Морзе з внутрішньою різьбою

Для розточної головки, для закритих поверхонь було вирішено брати взяти хвостовик типу WELDON так він забезпечує необхідну жорсткість закріплення в порівнянні з циліндричним хвостовиком, конус Морзе вирішено не брати так як немає можливості підвести MOR.

Висновки

Отже, проаналізувавши варіанти інструментів для оброблення закритих поверхонь, доцільно виконувати оброблення заданих поверхонь інструментом останнього типу – розточною головкою. Для задоволення вимог до оброблення конкретних поверхонь та з урахуванням параметрів обладнання необхідно замінити тип хвостовика на Weldon 25, а також замінити геометричні параметри різального елемента, з урахуванням оброблюваного матеріалу, передній кут на 10° та задній на 5° . Данна конструкція підвищує продуктивність та якість оброблення поверхонь деталей, забезпечує формування поверхонь з допуском по 7-8 квалітетах та шорсткістю $Ra\ 1,25\ \mu\text{m}$ [17].

Оброблення закритих поверхонь даною розточувальною головкою покращить якість кінцевої деталі, а також пришвидшить процес оброблення та відведення стружки, а за рахунок охолодження зони різання забезпечить більш продуктивне оброблення [17].

2.РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ РОЗТОЧНОЇ ГОЛОВКИ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ЗАКРИТИХ ПОВЕРХНЬ.

2.1.Матеріал різальної частини

Матеріалом різальної частини вирішено обрати твердий сплав T15K6 так як він використовується галузях метало обробки таких як[15]:

- Напівчистове точіння при неприривному різанні;
- Чистове точіння при привчатому різанні;
- Нарізання різьби токарними різцями;
- Напівчистове та чистове фрезерування поверхонь
- Розсвердлювання та розточування попередньо оброблених отворів
- Чистове зенкерування.

Твердий сплав T15K6 відноситься до групи титано-вольфрамових твердих сплавів який складається з основи карбіду вольфрама WC, карбіду титана TiC який не перевищує 15% та кобальту який не перевищує 6%.

Поріг міцності при згині 1176 Н/мм².

Щільність складає 11.1-11.6 г/см³

Твердість HRA не менше 90.0

Також можна використовувати аналоги які використовуються за кордоном, існують наступні аналоги такі як[9]:

- S10, S10S Польща;
- HS123, HT01,HT02,HV510Німеччина;
- S1, S1.1, T2 Чехія.

2.2. Опис різальної пластини

Різальна пластина складається з наступних частин[16]:

- Передня поверхня, по ній сходять стружка;
- Задня поверхня, вона повернута до оброблювальної деталі

Одна з задніх поверхонь повернута до поверхні різання має назву «головна», інша повернута до обробленої поверхні має назву «допоміжна». Різальні кромки виходять від пересічення передньої та задньої поверхонь[16].

Розділяють головну та допоміжну різальну кромку, головна різальна кромка виконує основну роботу різання[16].

Пересічення головної та допоміжної різальної кромки називається вершиною різця[16].

Кути різальної пластини

Правильно вибранні кути різальної пластини розточної головки, впливають довговічність і непереривність роботи[16].

Також від вибору кута залежать сила різання, яка діє на різець, використовувана потужність верстата, кількість оброблюваних поверхонь і так далі [16].

Кути різця можна розділити на головний кут, кут в плані і кут нахилу головної різальної кромки[16].

До головних кутів відносять задній кут передій кут кут заточки, в свою чергу кут в плані включає в себе головний і допоміжний кут[16].

В даній твердосплавній різальній пластині вибрані такі кути:

- $\varphi = 45^\circ$ головний кут в плані;
- $\alpha = 8^\circ$ задній кут;
- $\gamma^\circ = 5^\circ$ передній кут.

2.3 Принцип роботи інструменту.

Головка розточна збірна для оброблення закритих поверхонь складається державки, корпусу леза, твердосплавної пластини, поршня, штока пружини, кріпильних болтів для закріплення державки та корпусу леза втулки для закріплення твердосплавної пластини.

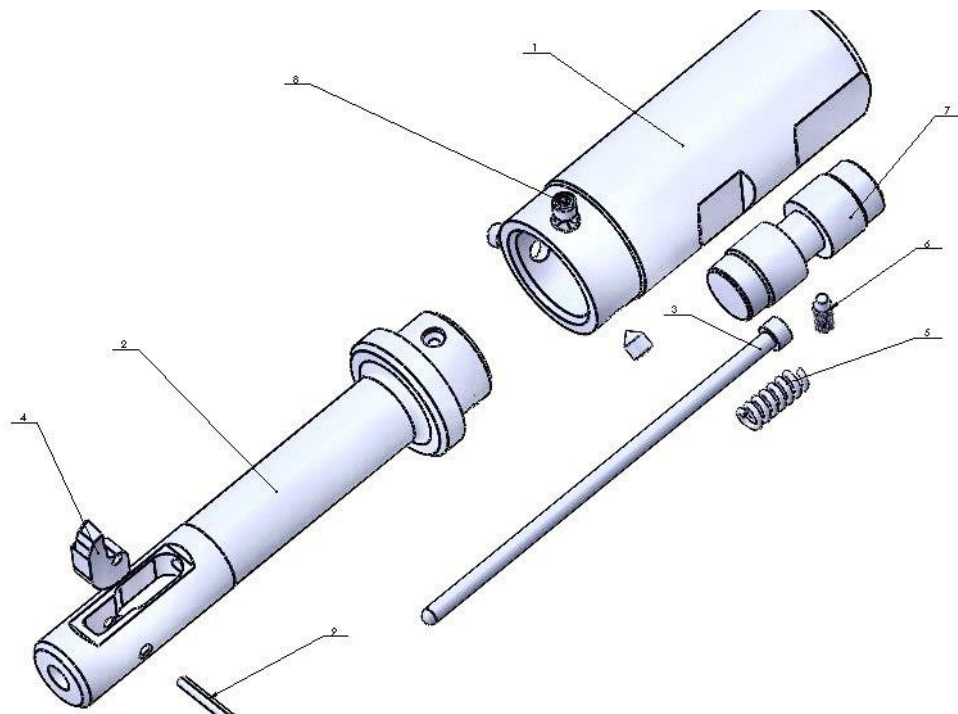


Рисунок 2.1 - Схема головки розточної збірної для оброблення закритих поверхонь

Данна розточна головка працює наступним чином корпус леза 2, опускається в отвір де має проходити обробка, потім вмикається шпиндель по годинниковій стрілці який за допомогою відцентрових сил опускає лезо 4 в робоче положення та вмикається подача МОР на невеликий тиск, після закінчення обробки МОР вмикається на великий тиск та давить на поршень 7 який в свою чергу давить на шток 3 який переводить твердосплавну пластинку 4 в закрите положення для того вилучити інструмент з зони оброблення.

2.4 Процес побудови 3D моделі.

Для побудови 3D моделі інструмента можна використовувати різні методи та способи. Наприклад за технологічним процесом, так як він самий інтуїтивний, все залежить від кваліфікації та досвіду інженера-проектувальника. Але, для спрощення процесу проектування будемо використовувати основні і базові процеси моделювання 3D деталі.

Визначимо основні моменти проектування моделі:

- Створення корпусу леза
- Створення різальної пластинки
- Створення хвостовика
- Створення поршня
- Створення штока
- Створення пружини
- Складання моделі

Для побудови корпусу леза необхідно:

1. Створюємо ескіз робочої пластини
2. Потом обертаємо навколо осі
3. Через бокову площину вирізаємо площини для створення пазу

під пластину

4. Створюємо ескіз для паза під пластину
5. Вирізаємо паз
6. Вибираємо площину для вирізу отворів під шток пружину та

МОР

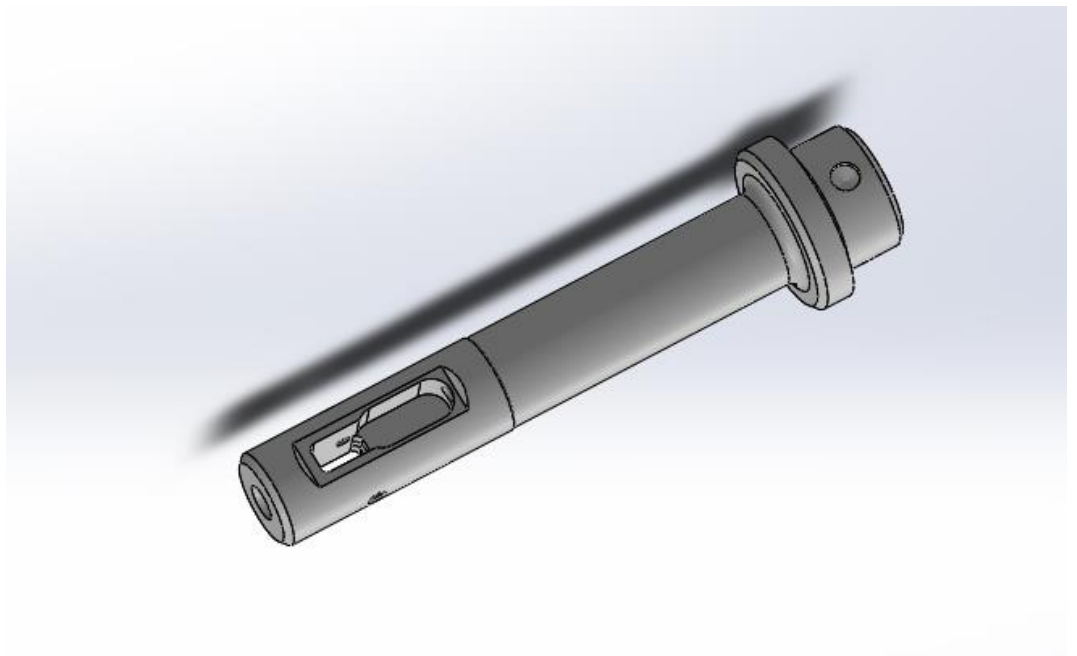


Рисунок 2.1- Результат для пункту «створення корпусу леза»

Для побудови твердосплавної пластинки необхідно:

1. Створення ескізу твердосплавної пластини;
2. За допомогою інструменту видавлювання видавлюємо на необхідну товщину пластину;
3. Потім створюємо за допомогою ескізів необхідну геометрію та вирізаємо її.

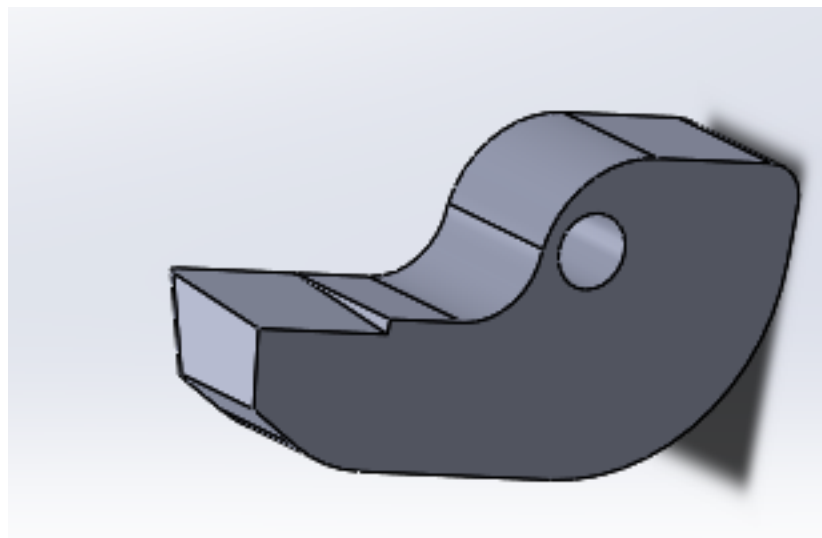


Рисунок 2.2 - Результат для пункту «створення різальної пластинки»

Для побудови хвостовика необхідно:

1. Створюємо ескіз в розрізі хвостовика
2. Потім обертаємо навколо осі
3. Створюємо ескіз під паз Weldon
4. Вирізаємо паз

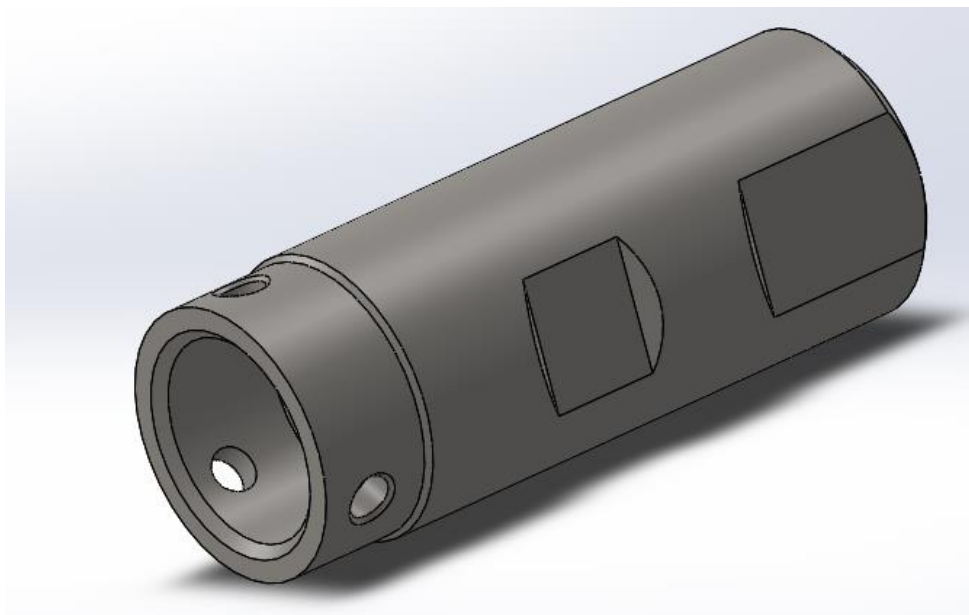


Рисунок 2.3 - Результат для пункту «створення хвостовика»

Для побудови поршня необхідно:

1. Створюємо ескіз поршня
2. Потім обертаємо навколо осі

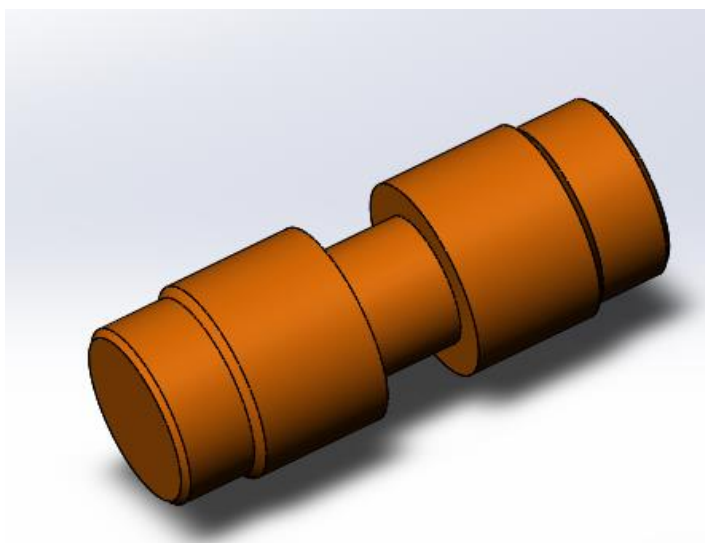


Рисунок 2.4- Результат для пункту «створення поршня»

Для побудови штока необхідно:

1. Створити ескіз штока
2. Потім обертаємо навколо осі

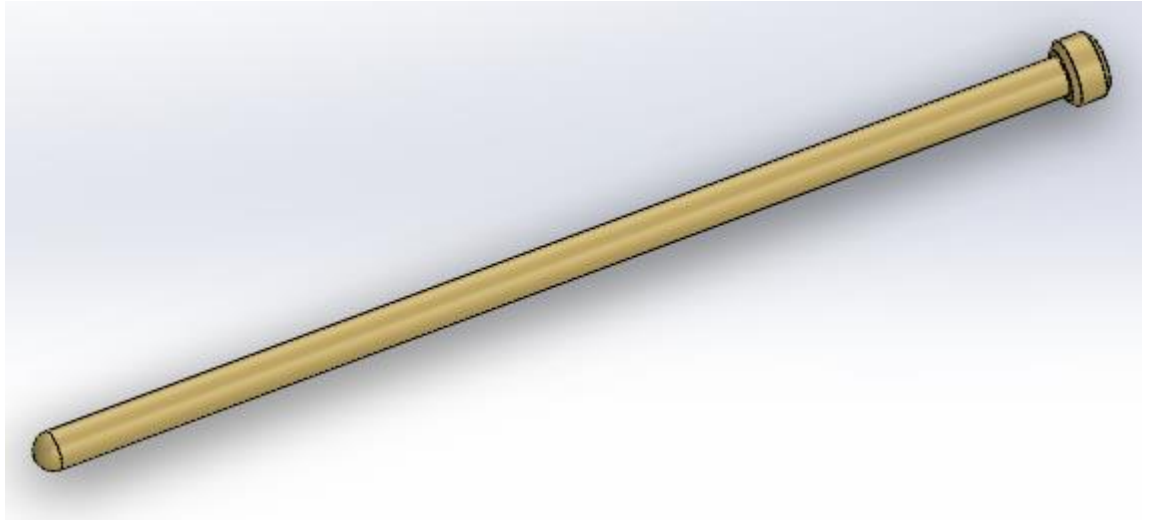


Рисунок 2.5 - Результат для пункту «створення штока»

Для побудови пружини необхідно:

1. Створити ескіз кола необхідного діаметра
2. Потім за допомогою інструмента «спіраль» витягнути необхідну довжину пружини і вибрати кількість витків.

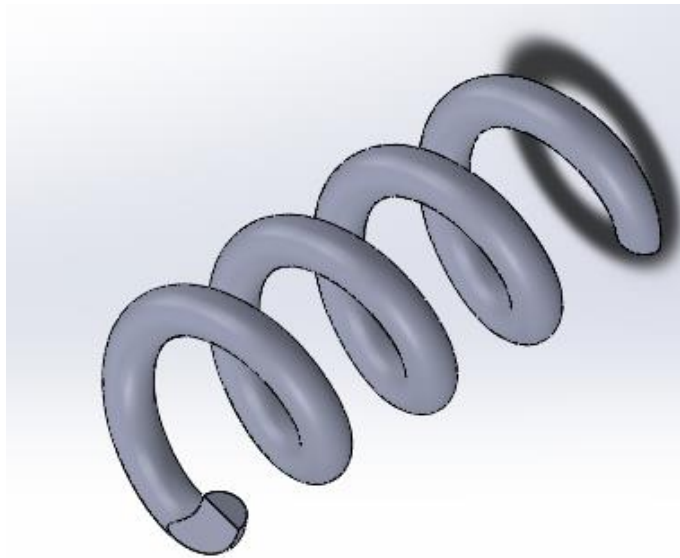


Рисунок 2.6 Результат для пункту «створення пружини»

Для виконання пункту складання моделі :

1. Поставити всі деталі в модель
2. Потім за допомогою спеціальних інструментів необхідно скласти модель
3. За допомогою бібліотеки потрібно повставляти кріпильні деталі.

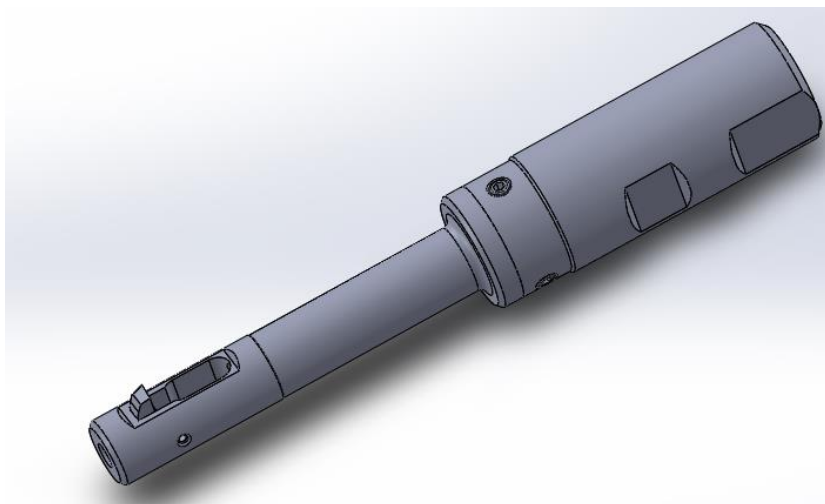


Рисунок 2.7 Результат для пункту «складання моделі»

2.5. Процес побудови робочого креслення

Після процесу моделювання та створення 3D моделі, можливе створення робочого креслення або складального креслення з 3D моделі. Для виконання цієї функції можна використовувати багато різних САПР, для цього потрібно в моделі створити документ «Креслення з деталі/сборки» далі вставити види за 3D моделі спроектованого інструменту, потім ці креслення оформити за стандартами. Результат наведено рис. 2.8.

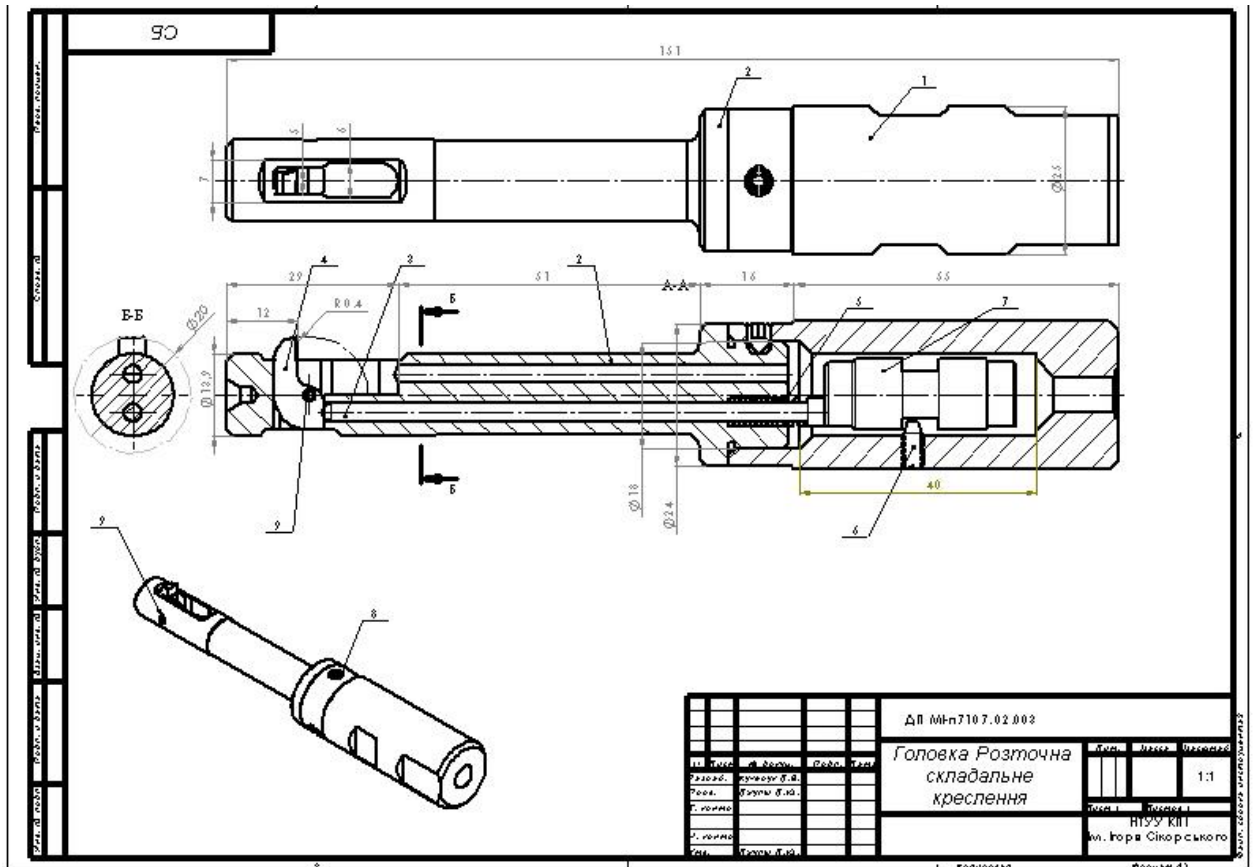


Рисунок 2.8 –Складальне креслення.

На рисунку 2.9 зображено робоче креслення корпусу леза, для якого буде проектуватись технологічний процес виготовлення.

3.ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ЛЕЗА

3.1.Вибір заготовки для виготовлення корпусу леза

Для виготовлення корпусу леза буде використовуватись Сталь 40х діаметром $\varnothing 24\text{мм}$ довжиною 100мм за ДСТУ 7806-2015.

Марку Сталь 40х, відносять до конструкційних, легованих. Одним із ключових характеристик цього металу є його твердість, тобто, здатність чинити опір більш твердим матеріалам. Твердість металів надає безпосередній вплив на міцність стійкість до зносу та ряду інших властивостей [9].

Склад сталі 40Х [9]:

- С (вуглець) 0,36-0,44;
- SI (кремній) 0,17-0,37;
- Mn (марганець) 0,5-0,8;
- Ni(нікель) до 0,3; S (сірка) до 0,035;
- P (фосфор) до 0,035;
- Cr (хром) 0,8-1,1;
- Cu (мідь) до 0,3;

Також можна використовувати аналоги такі, як 45Х,38ХА,40ХН,40ХС,серед матеріалів, які використовуються за кордоном, існують наступні аналоги такі як [9]:

- G51400, H51350-США;
- 37Cr4,41Cr4,41CrS4 Німеччина.

3.2.Базовий технологічний процес

За базовий технологічний процес було вибрано кінцевий цільний зенкер Ø10 – 30 мм ,він представлений нижче (таб 3.1).


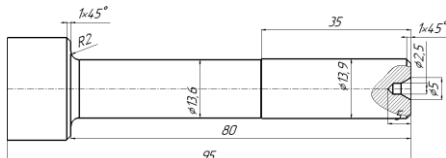
Таблиця 3.1 – технологія обробки корпусу леза для розточної головки.[3]

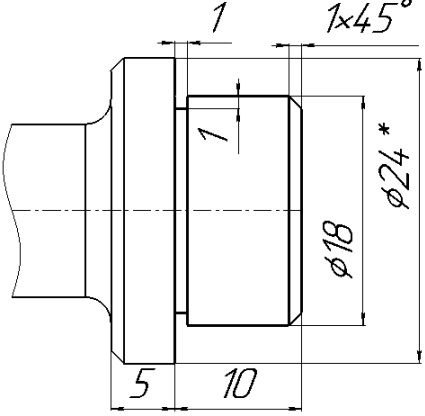
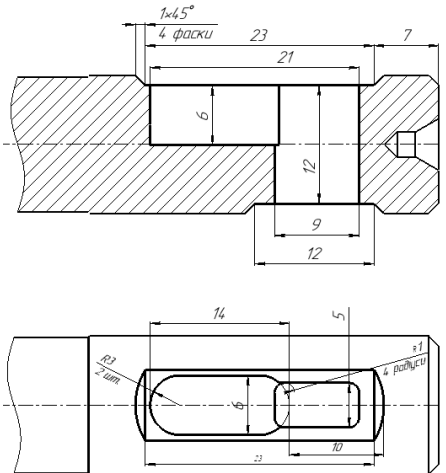
005	Відрізна, токарна обробка з ЧПК: Відрізати заготовку, підрізати торець.
010	Токарна Підрізати торці
015	Токарна. Центрувати отвір.
020	Токарна. Точити робочу частину і забірний конус
025	Токарна. Точити ступінь під лапку, конус Морзе і шийку
030	Фрезерна. Фрезерувати стружкові канавки .
035	Фрезерна Фрезерувати лапку.
040	Термічна обробка
045	Зачисна
050	Заточна
055	Шліфувальна
060	Маркування

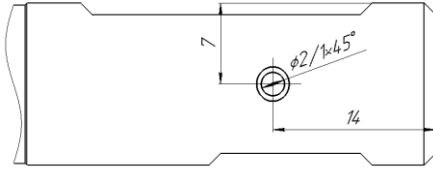
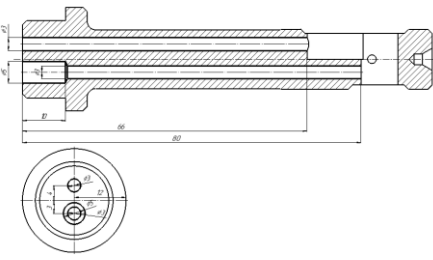
3.3. Технологічний процес виготовлення корпусу леза

Для виготовлення корпусу леза було розроблено технологічні процеси (табл 3.2).

Таблиця 3.2 – технологічний процес

№	Найменування Операції	Ескіз Операції	Верстат, інструмент	Інструмент
005	Заготівельна. Відрізання Заготовок		Дисковий відрізний верстат МАСС К 225 Дискова пила за ГОСТ 2679- 93	Верстатні лещата SVP-150 з призматич- ними губ- ками
010	Токарна 1. Токарна обробка торця та центру- вання отвору збоку на гли- бину 5мм та Ø2.5мм 2. Точити заготовку з Ø24мм до Ø13,9мм на L=80мм зі скругленням R2. 3. Точити на відстані l=35мм з Ø13,9мм до Ø13,6мм на L=45мм зі скругленням R2 4. Точити фаски 1x45°		Токарно-ре- вольверний верстат зЧПК НААС DS- 30Y; різець підрі- зний ГОСТ 18879-73 Свердло центрува- льне Sandvik ці- льне цільне (DRLSPTS) d5 мм, різець CoroTurn® Prime упор- ний з $\varphi = 35^\circ$	Трьохку- лач-ковий патрон Kitagawa BB210

№	Найменування Операції	Ескіз Операції	Верстат, інструмент	Інструмент
015	<p>Токарна</p> <p>1. Точити заготовку з Ø24мм до Ø18мм на L=10мм;</p> <p>2. Точити канавку на l=9мм з Ø18мм до Ø17мм на L=1мм.;</p> <p>3. Точити фаску 1x45°.</p>		<p>HAAS DS-30Y,</p> <p>різець прохідний Sandvik CoroTurn® 107,</p> <p>Відрізний різець Sandvik CoroCut 1-2.</p>	Трьохкулач-ковий патрон Kitagawa BB210
020	<p>Фрезерувальна.</p> <p>1. Фрезерувати на відстані l=6мм. Від торця На L=23мм на глибину S=1мм.</p> <p>2. Фрезерувати паз на відстані l=8мм. від торця: L=9 мм шириною 5мм на глибину S=12мм.</p> <p>3. Фрезерувати паз на відстані l=8мм. від торця: L= мм шириною 6мм на глибину S=6мм. З двома радіусами R3.</p>		<p>HAAS VF-2.</p> <p>Фреза Sandvik CoroMill Plura.</p>	<p>Поворотний стіл nikken-snc260</p> <p>Трьохкулач-ковий патрон Kitagawa BB210</p>

№	Найменування Операції	Ескіз Операції	Верстат, інструмент	Інструмент
	<p>4. Первернути деталь на 360° Фрезерувати на відстані l=6мм. Від торця На L=12мм на глибину S=1мм.</p> <p>5. Зняти фаску 1x45°.</p>			
025	<p>Свердлильна.</p> <p>Свердління отвору Ø2мм</p> <p>Зенкерування фаски 1x45°</p>		<p>HAAS VF-2</p> <p>Свердло Sandvik CoroDrill 862</p> <p>діаметр Ø2.</p>	<p>Поворотний стіл nikken-snc260</p> <p>Трьюхкулач-ковий патрон Kitagawa BB210</p>
030	<p>Свердлильна.</p> <p>1. Свердлилити отвір діаметром 3мм, на глибину 70мм</p> <p>2. Свердлилити отвір діаметром 3мм, на глибину 80мм</p> <p>3. Розсвердлилити отвір діаметром 3мм, на діаметр 5мм на глибину 10мм</p>		<p>HAAS VF-2</p> <p>Свердло Sandvik CoroDrill 861</p>	<p>Поворотний стіл nikken-snc260</p> <p>Трьюхкулач-ковий патрон Kitagawa BB210</p>

№	Найменування Операції	Ескіз Операції	Верстат, інструмент	Інструмент
035	Свердлильна. Свердлити 3 отвори Ø4мм на l=4мм;		<p>НААС UMC-500</p> <p>Свердло sanvik CoroDrill® 460</p> <p>Діаметром Ø4.</p>	<p>Поворотний стіл nikken-snc260</p> <p>Трьохкулач-ковий патрон Kitagawa BB210</p>
040	Термічна	<p>Режими.</p> <p>Температура: 850-870°C</p> <p>Час витримки: 1-2 години</p> <p>Ізотермічна витримка: 730-750°C</p> <p>Час витримки: 4-6 годин</p> <p>Швидкість охолодження: ≤ 30°C/год</p>	Муфельна піч СНОЛ-40/1100	
045	Шліфувальна		Круглошліфувальний верстат Jainnher JHU-2706CNC	<p>Поворотний стіл nikken-snc260</p> <p>Трьохкулач-ковий патрон Kitagawa BB210</p>
050	Маркувати		Лазерне маркування за ГОСТ Р 51839.1-2001Thunde r Laser Nove63	<p>Поворотний стіл nikken-snc260</p> <p>Трьохкулач-ковий патрон Kitagawa BB210</p>

3.4. Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахунок припусків проводитиметься для посадкової поверхні корпусу леза розточної головки $\varnothing 18 \pm 0,06$ мм.

Матеріал для корпусу леза прокату, матеріал заготовки — сталь 40Х ДСТУ 7806-2015.

Поверхня $\varnothing 18$ піддається наступним операціям: чорновому і чистовому точінню. Базування та установка заготовки буде відбувається в трьохкулачковому патроні.

Величина похибки центрування визначається по формулі [7]:

$$\Delta_y = 0.25 \sqrt{IT_d^2 + 1} \quad (1.1)$$

Де: IT_d – величина допуску на розмір бази заготовки яка використовується при центруванні, мм [9].

За ГОСТ 2590 допуск на діаметр 18 мм заготовки з сортового прокату зі сталі 40Х становить 0,5 мм.

Звідки зміщення осі в результаті похибки центрування при допуску $IT_d = 0,5$ мм на діаметр 18 мм буде:

$$\Delta_y = 0.25 \sqrt{0.5^2 + 1} = 0.28 \text{ мм} = 280 \text{ мкм}. \quad (1.2)$$

Точіння чорнове (12 квалітет)

Якість поверхні при чорновому точінні за [7, с.181] складає:

$$R_z = 63 \text{ мкм}, h = 60 \text{ мкм}. \quad (1.3)$$

Сумарне відхилення розташування після чорнового точіння можна визначити за наближеною формулою [7, с.189]:

$$\Delta = K_y \cdot \Delta_y \quad (1.4)$$

де K_y – коефіцієнт уточнення;

Δ_y – величина сумарного просторового відхилення поверхні заготовки.

Величина сумарного просторового відхилення поверхні заготовки розрахована вище і складає з Δ_y – 280 мкм.

Для чорнового точіння за [7, с. 190] коефіцієнт уточнення $K_y = 0,06$.

Тоді:

$$\Delta = K_y \cdot \Delta_y = 0.06 \cdot 280 = 16.8 \text{ мкм} \quad (1.5)$$

Приймаємо $\Delta = 17$ мкм.

Оскільки оброблення відбувається в трьохкулачковому патроні, похибка установки по діаметру $\varepsilon = 0$.

Точіння чистове (10 квалітет)

Якість поверхні при чорновому точінні [7, с.181] складає:

$$R_z = 20 \text{ мкм}, h = 30 \text{ мкм}. \quad (1.7)$$

Так само як при чорновому розточуванні визначаємо сумарне відхилення розташування за формулою (1.4). Проте для чистового точіння за [7, с. 190] коефіцієнт уточнення складає вже $K_y = 0,04$.

Отже отримаємо:

$$\Delta_1 = K_y \cdot \Delta_y = 0,04 \cdot 280 = 11,2 \text{ мкм} \dots \quad (1.8)$$

Приймаємо $\Delta_1 = 11$ мкм.

Проте наявність наступної термообробки (гартування) в процесі виготовлення призводить до додаткових просторових відхилень, які можуть бути враховані за формулою, наведеною в [9, с. 26]:

$$\Delta_2 = 0,001 \cdot n \cdot L / (0,1d + 0,3) \quad (1.9)$$

Де n – коефіцієнт, який залежить від виду термообробки: $n=1$ – для об'ємного гартування; $n=0,5$ – при гартуванні струмами високої частоти;

L – довжина заготовки, мм,

d – діаметр заготовки, мм.

Для наших даних, $L=95$ мм та $d=24$ мм, та $n=1$ матимемо:

$$\Delta_2 = 0,001 \cdot n \cdot \frac{L}{0,1d + 0,3} = 0,001 \cdot 1 \cdot \frac{95}{0,1 \cdot 24 + 0,3} = 0,035 \text{ мм} = 35 \text{ мкм} \quad (1.10)$$

Тоді сумарне відхилення:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_2^2 + \Delta_1^2} = \sqrt{35^2 + 11^2} = 36,68 \quad (1.11)$$

Приймаємо $\Delta = 37$ мкм.

Шліфування (8 квалітет)

Якість поверхні при шліфуванні [7, с. 181] складає:

$$R_z = 6,3 \text{ мкм}, h = 12 \text{ мкм}. \quad (1.12)$$

Розрахуємо величини мінімальних припусків для переходів за формулою:

$$2z_{\text{чорн } min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) = 2(160 + 250 + \sqrt{280^2}) = 1295 \text{мкм}, (1.13)$$

$$2z_{\text{чист } min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) = 2(63 + 60 + \sqrt{17^2}) = 246 \text{мкм}, (1.14)$$

$$2z_{\text{шліф } min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) = 2(20 + 30 + \sqrt{37^2}) = 100 \text{мкм}, (1.15)$$

Розраховані значення вносимо до розрахункової табл. 1.3

Табл. 1.3 Розрахунок припусків та міжперехідних розмірів

Технологічні операції та преходи обробки поверхні	Елементи припуски, мкм				Розрахований припуск $2Z_{i \min}$, мкм	Розрахунковий розмір, мм d_{\min} (D_{\max})	Допуск на виготовлення IT_d (IT_d), мм	Прийняті (округлені) розміри для переходу, мм		Отримані граничні значення припусків, мкм	
	R_{zi}	h_i	Δ_i	ε_i				d_{\max} ($D_{\max i}$)	d_{\min} ($D_{\min i}$)	$2Z_{i \min i}$	$2Z_{i \min i}$
Заготовка	160	250	250	-	-	19,641	1100	20,74	19,64	-	-
Точіння чорнове	63	60	17	-	1295	18,346	180	18,53	18,35	2210	1290
Точіння чистове	20	30	37	-	246	18,1	70	18,17	18,1	360	250
Шліфування	63	12			100	18	100	18,1	18	70	100
Разом:										2640	1640

Перевірка правильності розрахунків

Виконаємо перевірку правильності виконаних розрахунків.

$$\sum 2z_{\max i} - \sum 2z_{\min i} = 2640 - 1640 = 1000 \text{ мкм}, \quad (1.16)$$

$$IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = 1100 - 100 = 1000 \text{ мкм}.$$

Оскільки отримані різниці значень співпадають, розрахунки зроблено правильно. За ГОСТ 2590 приймаємо номінальний розмір заготовки 24 мм, тоді граничні розміри будуть:

$$d_{\text{заг max}} = 24 + 0.1 = 24.1 \text{ мм} \quad (1.17)$$

$$d_{\text{заг min}} = 24 - 0.4 = 23.6 \text{ мм}$$

3.5.Розрахунок режимів різання на виготовлення корпусу

леза

Розрахунок режимів різання на операцію 020

Токарна

Чорнове обточування робочої частини корпусу леза

Матеріал – Сталь 40Х

Устаткування – НААС VF-2

Інструмент – різець прохідний Т15К6 ГОСТ 18879-73, (ст.119 табл. 4[8]).

Глибина різання – 3мм

Подача: $S = 0,8 = 0,5 \dots 0,9 \text{ мм/об}$ [стор.266, табл. 11 [8]].

Шукаємо величину швидкості різання

$$V_{\text{доп}} = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot S^y \cdot t^x}$$

$C_v = 340$; $x = 0.15$; $y = 0.45$; $m = 0.2$; (табл. 17 [2])

T - період стійкості різця, $T = 60 \text{ хв}$;

K_v - поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання,

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} \cdot K_{ov}$$

$K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv}$ - для даних умов не враховуються.

K_{mv} - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу (табл. 1 [8]),

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n = \left(\frac{750}{700} \right)^{0.3} = 1.07$$

K_{mv} - - поправочний коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки,

$K_{mv} = 0.90$ (табл. 5 [8]);

K_{uv} - поправочний коефіцієнт, що враховує матеріал різального інструменту ,

$K_{uv} = 1.0$ (табл. 6 [2]);

$$K_v = 1.07 \cdot 1 \cdot 0.9 = 0.96$$

$$V = \frac{340 \cdot 0.96}{60^{0.2} \cdot 0.8^{0.45} \cdot 5^{0.15}} = 125.13 \text{ м/хв}$$

Значення частоти обертання шпинделя розраховане:

$$n = \frac{1000 \cdot v_n}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot v_n}{\pi \cdot D} = 398.23 \text{ хв}^{-1}$$

Тангенціальна сила різання P_z

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$C_p = 300$; $x = 0.1$; $y = 0.75$; $n = -0.15$; (табл. 22 [8])

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 3320.97 \text{ Н}$$

Потужність, затрачувана на точіння

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = 6.78 \text{ кВт}$$

Розрахуємо основний час на обробку деталі:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{130}{398 \cdot 0.8} = 0.48 \text{ хв}$$

Токарна

Чистове точіння робочої частини на $\varnothing 18$

Чистове обточування робочої частини корпусу леза.

Матеріал – Сталь 40Х

Устаткування – HAAS VF-2

Інструмент – різець прохідний Т15К6 ГОСТ 18879-73, (ст.119 табл. 4[8]).

Глибина різання – 0,2мм

Подача: $S = 0.8 = 0.13 \text{ мм/об}$ [стор.268, табл. 14 [8].

Шукаємо величину швидкості різання

$$V_{\text{доп}} = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot S^y \cdot t^x}$$

$C_v = 340$; $x = 0.15$; $y = 0.45$; $m = 0.2$; (табл. 17 [8])

T - період стійкості різця, $T = 60 \text{ хв}$;

K_v - поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання,

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} \cdot K_{ov}$$

$K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv}$ - для даних умов не враховуються.

K_{mv} - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу (табл. 1 [8]),

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n = \left(\frac{750}{700} \right)^{0,3} = 1,07$$

K_{mv} - поправочний коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки,

$K_{mv} = 0,90$ (табл. 5 [8]);

K_{uv} - поправочний коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента,

$K_{uv} = 1.0$ (табл. 6 [8]);

$$K_v = 1.07 \cdot 1 \cdot 0.9 = 0.96$$

$$V = \frac{340 \cdot 0.96}{60^{0.2} \cdot 0.8^{0.45} \cdot 5^{0.15}} = 125.13 \text{ м/хв}$$

Розрахункове значення частоти обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v_n}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot v_n}{\pi \cdot D} = 398.23 \text{ хв}^{-1}$$

Сила різання

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$C_p = 300$; $x = 0.1$; $y = 0,75$; $n = -0.15$; (табл. 22 [8])

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 3320,97 \text{ Н}$$

Потужність, затрачувана на точіння

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = 6.78 \text{ кВт}$$

Розрахуємо основний час на обробку деталі:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{130}{398 \cdot 0.8} = 0.48 \text{ хв}$$

4.РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК

4.1 Вибір верстата з числовим програмним керуванням

Для виготовлення корпусу леза необхідно підібрати необхідне обладнання , для даних операцій було прийнято взяти токарно-фрезерувальний верстат фірми HURCO серії TMX MYS даний верстат має такі технічні характеристики [14]:

Робоча зона

- Макс. діаметр обробки, мм 335
- Макс. довжина обробки, мм 525
- Діаметр патрона, мм 200
- Макс. діаметр прутка, мм 63

Переміщення:

- X-Ось, мм 200
- Z-Ось, мм 560
- W-Ось, мм 640
- Y-Ось, град +/-55

Подача

- X / Z / W / Y-Оси, м/хв 24/30/30/12

Двигун шпинделя

- Потужністю, кВт 28

Шпиндель

- Швидкість обертання, об/хв 4500
- Обертний момент, Нм 24

Однією з основних переваг є наявність стійки з числовим програмним керуванням , яка дозволяє збільшити швидкість точність та продуктивність виготовлення деталей. На даний момент у світі майже всі верстати з числовим програмним керуванням, мають можливість завантажити в стійку код для проведення обробки, щоб керувати такими верстатами достатньо написати код керуючої програми під стійку на якій працює верстат.

4.2. Створення керуючої програми для виготовлення корпусу леза на верстаті з ЧПК.

Для створення керуючої програми для ЧПК було обрано програму з САМ модулем від Autodesk . Цей САПР має обширну базу та бібліотеку де є можливість вибрати потрібний верстат та інструмент що б під нього налаштувати керуючу програму за якою буде працювати обладнання.

Для того щоб почати розробку керуючої програми необхідно перейти в програмі Fusion 360 у вкладку Manufacture (рис.4.1).

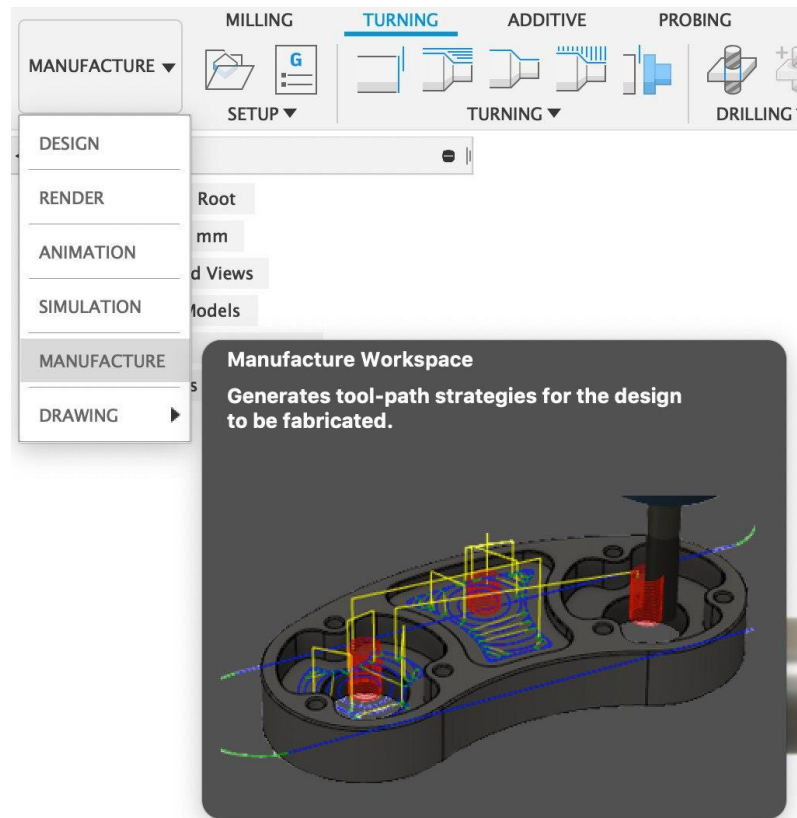


Рисунок 4.1 – перехід у вкладку Manufacture у Fusion 360.

Після цього створюємо нове налаштування де обираємо тип обробки в нашому випадку це токарна обробка. Представлено на (рис 4.2.).

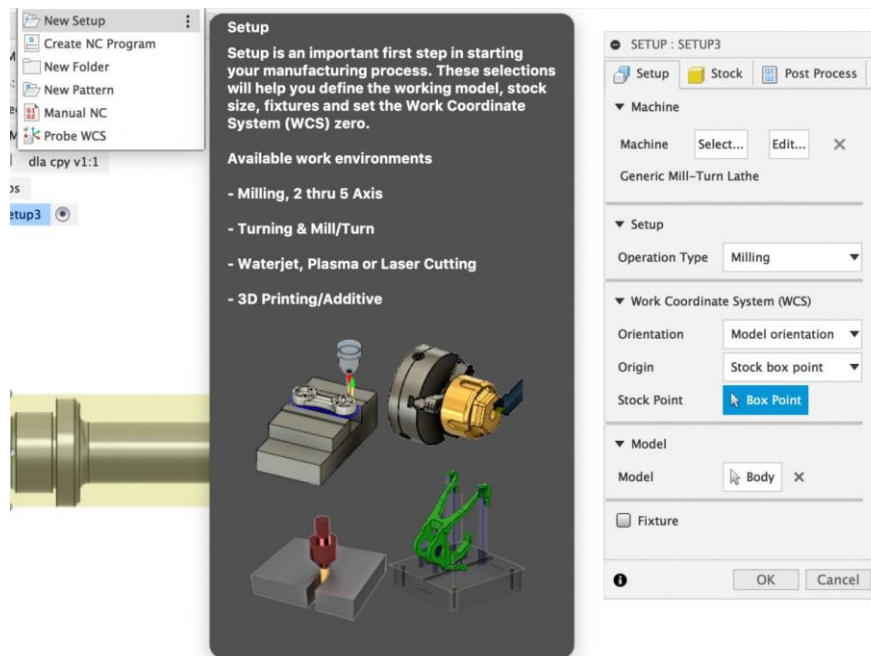


Рисунок 4.2. налаштування та вибір типу обробки.

В налаштуваннях обираємо необхідні параметри режимів різання, обираємо переходи і отримуємо результат у вигляді коду та анімації де видно як буде оброблюватись деталь (рис4.3)

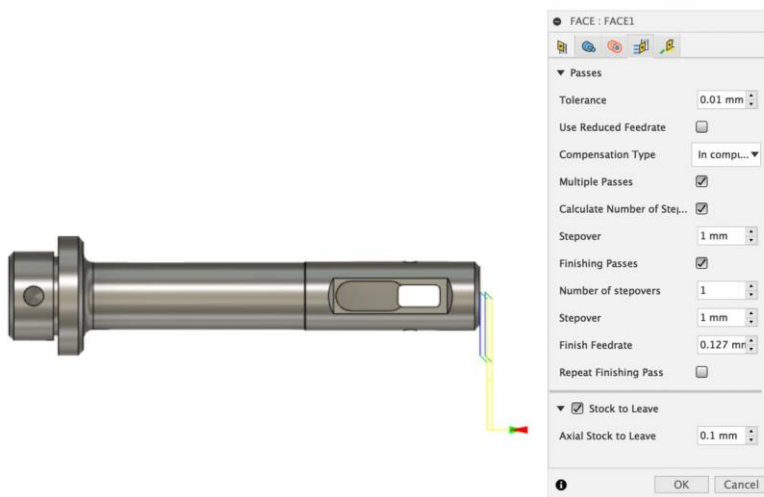


Рисунок 4.3 результат створення переходу у Autodesk Fusion 360.

За допомогою 3D моделі та САМ модулю влаштованого у програму Fusion 360 було розроблену керуючу програму для обробки заданої деталі.

Повний текст програми представлено в додатку А

5.ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРУВАННЯ ПАЗУ ДЛЯ УСТАНОВКИ ТВЕРДОСПЛАВНОЇ ПЛАСТИНИ

5.1. Вибір конструкції пристосування для фрезерування пазу для установки пластини

Поворотні столи зазвичай використовуються для фрезерувальних робіт на верстатах з ЧПК [10].

Конструкція столів повинна бути жорсткою, а поворотна частина після повороту повинна надійно притягуватись до основи. В іншому випадку в процесі фрезерування можуть виникати вібрації, визвуть необхідність знижати режими різання. Для скорочення допоміжного часу і більшої надійності в роботі прийоми фіксації і затиску поворотної частини повинні виконуватись одночасно, для цього механізми фіксатора і затиску блокуються [10].

Для операції фрезерування пазу для установки твердосплавної пластини був вибраний поворотний горизонтально-вертикальний стіл (Рис 5.1)

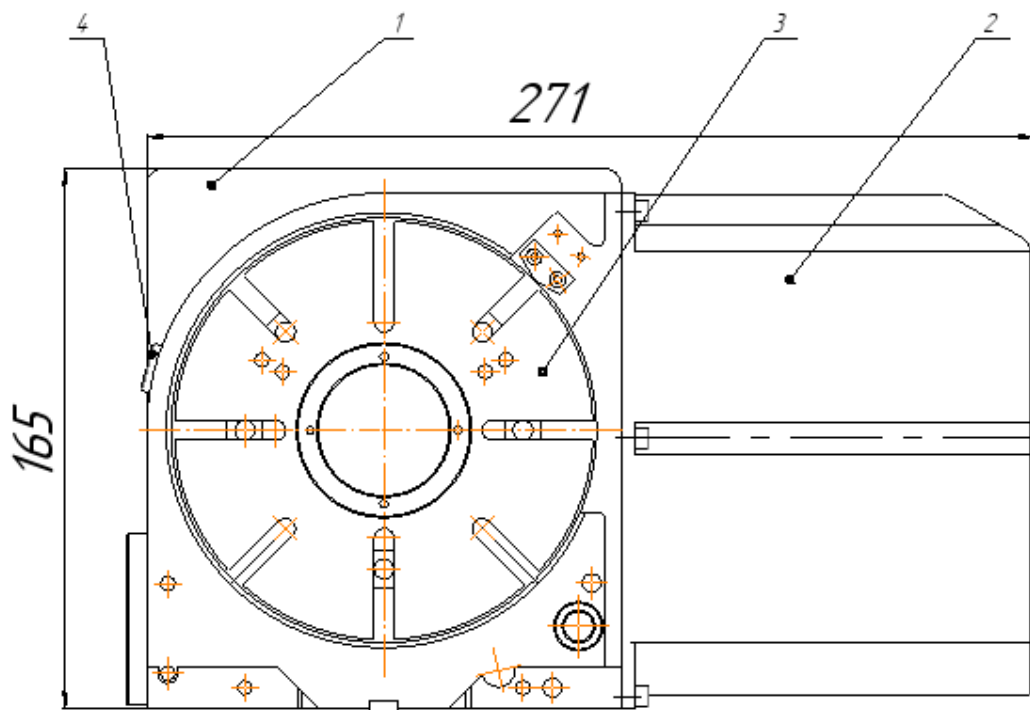


Рисунок 5.1 - Стіл поворотний-горизонтально-вертикальний

Стіл складається (рис 5.1) з корпусу 1, крокового електродвигуна 2, поворотного стола 3. Керування відбувається за допомогою електродвигуна яким

керує стійка ЧПК в свою чергу кроковий електродвигун обертає двунаправлений черв'ячний вал який обертає стіл. Кількість обертів та кут повороту зчитує енкодер встановлений в на вал двигуна.

Покращений трьохкулачковий патрон показано на (рис5.2)

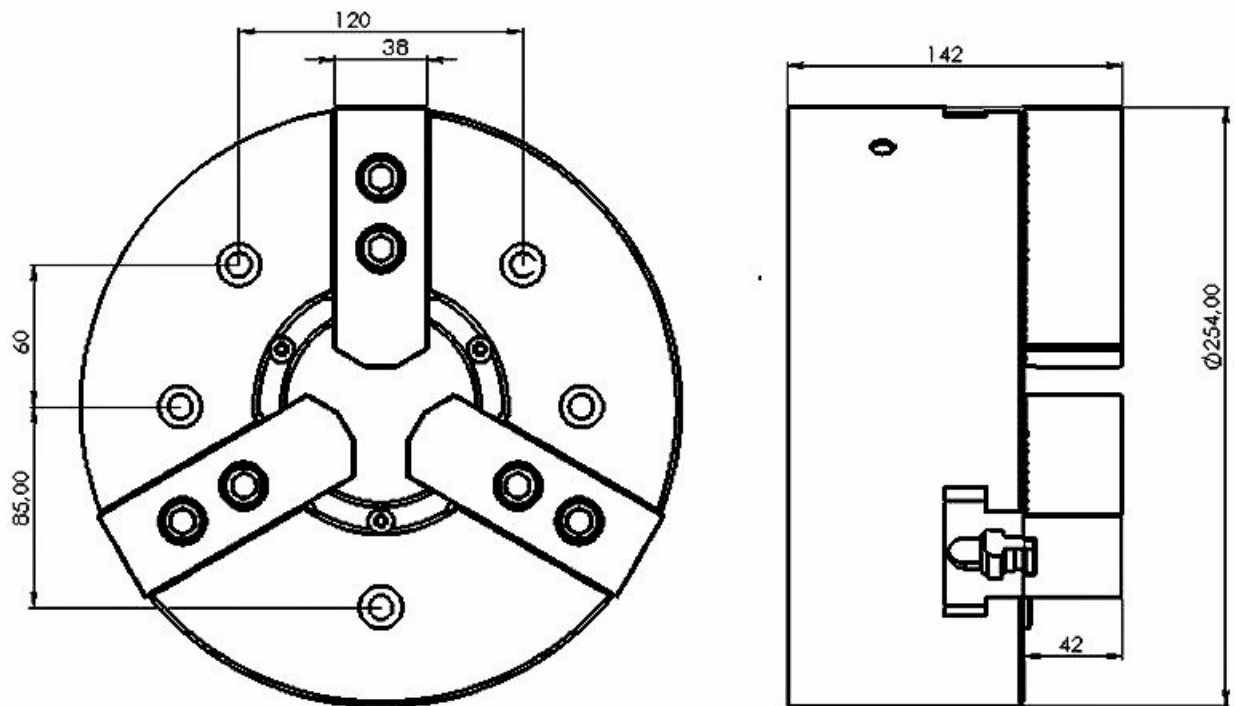


Рисунок 5.2 - Трьохкулачковий патрона зі зміненими посадковими місцями

Також для закріплення деталі було взято трьохкулачковий патрон та модифіковано для даного столу були зміненні посадочні місця для встановлення на поворотний стіл збірка трьохкулачкового патрону та поворотного столу показано на (рис 5.3)

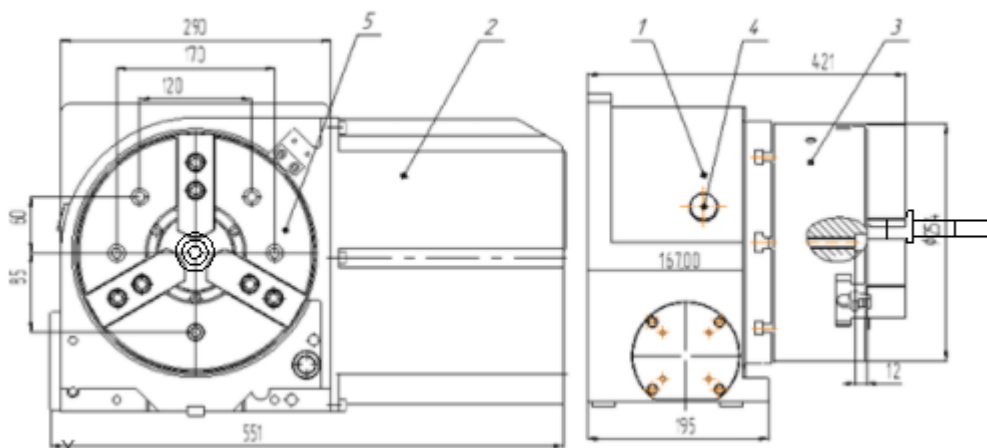


Рисунок 5.3 - Поворотний стіл з установленим трьохкулачковим патроном

Пристосування для фрезерування пазу для установки твердосплавної пластини складеться з зміненого трьох кулачкового патрону 3, крокового електромотору 2, корпусу 1, поворотного столу 5.

Можна сказати що дана модифікація трьохкулачкового патрону дала можливість встановити його на поворотний стіл це автоматизує та пришвидшить виробництво так як не потрібно витрачати час на виставлення правильного кута для обробки. На (рис 5.4) представлено 3D модель пристосування зі встановленою деталлю яка оброблюється.

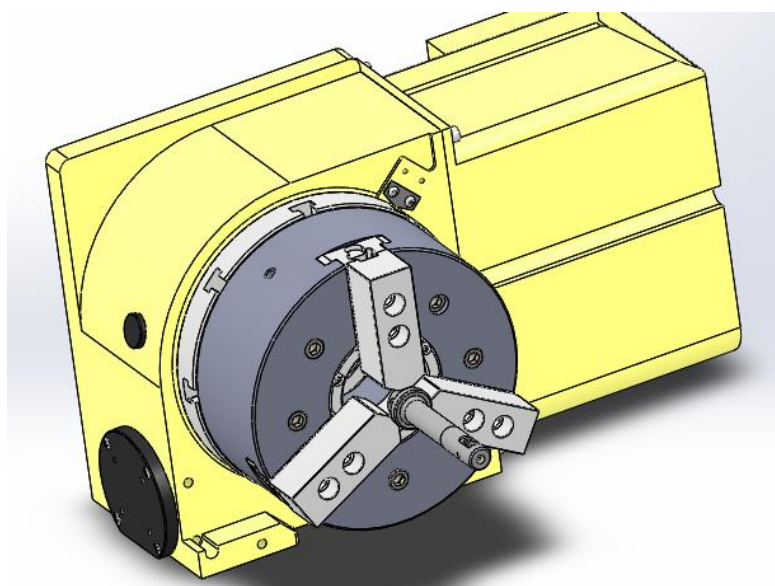


Рисунок 5.4 - Пристосування для фрезерування пазу для установки твердосплавної пластини

5.2. Розрахунок сили затиску трьохкулачкового патрона

Так як на заготовку при затискуванні в трьохкулачковому патроні діє крутний момент від сил різання який прагне повернути її навколо осі а осьова сила складова сил різання направлена по осі і прагне її зрушити вирішено використовувати такі формули[11]:

$$W = k * P_z \frac{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{z * f} * \frac{D_1}{D} \quad (5.1)$$

$$W_{\text{сум}} = W * z \quad (5.2)$$

де W – сила затиску кулачком патрона;

P_z - тангенціальна складова сили різання;

P_z - 215Н;

z - число кулачків патрона;

z -3

D - діаметр затиснутої поверхні деталі;

D - 18мм;

D_1 - діаметр оброблювальної поверхні деталі;

D_1 =14мм;

L - відстань яка рахується від середини затиснутої частини деталі та до місця прикладення зусилля різання P_z ;

L - 50 мм;

f - коефіцієнт тертя в робочих поверхнях призм та кулачків залежно від поверхні,(0,3...0,5)

k - коефіцієнт запасу, залежно від відношення $\frac{L}{D}$;

при $\frac{L}{D}$ =(0,5;1;1,5;2) коефіцієнт запасу рівний k = (1;1,5;2,5;4).

Сила для затиску кулачків :

$$W = 2 * 215 \frac{\sin\left(\frac{90deg}{2}\right)}{3*0.4} * \frac{14}{18} = 197.07H. \quad (5.3)$$

Сила затиску патрона:

$$W_{\text{сум}} = 197.07 * 3 = 591H. \quad (5.4)$$

6.АНАЛІЗ НАПРУЖЕННО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРИ РОБОТІ ІНСТРУМЕНТУ

6.1 Визначення сили різання

При прорізанні матеріалу інструментом виникають сили тиску та сили тертя що діють на різальну частину ці сили зводяться до однієї сили R - рівнодіючої сили точка прикладення якої знаходиться на різальній частині леза інструмента[12].

Але для розрахунків використовують не рівнодіючу силу різання R , а розділяють її на складові, які діятимуть по трьом координатам:

P_z – вертикальна складова сили різання, яка діє в площині різання і в напрямку осі z . P_z розраховуються для визначення міцності державки різця.

P_y – радіальна складова сили різання діє в горизонтальній площині в здовж осі y . P_y -визначає величну відхилення інструменту від заготовки та величину прогину деталі.

P_x – осьова складова сили різання діє уздовж осі x паралельно заготовці. P_x сила якою розраховують механізм коробки передач верстата.

Схема діючих сил різання показана на (рис 6.1).



Рисунок 6.1 – Схема діючих сил різання

Для розрахунку нам потрібно P_z – вертикальна складова сили різання, P_y – радіальна складова сили різання, P_x – осьова складова сили різання, V – швидкість обертання заготовки, S – швидкість подачі

Для визначення як на мій інструмент будуть впливати сили різання вирішено провести аналіз напружено деформованого стану за допомогою САПР Auto desk Inventor 2020, для аналізу буде розглянуто основні випадки напружено-деформованого стану такі як:

1. Деформацію розтягування розточної головки;
2. Загальне напруження розточної головки;
3. Деформація зсуву розточної головки.

Методика розрахунку сили різання:

Розточна

Чистове розточування деталі

Матеріал - Сталь 40х

Обладнання - HAAS ST20Y

Інструмент – Розточна головка T15K6

Глибина різання -0,2мм[7]

Подача $S=0.13$ мм/об[7]

$$V_{\text{доп}} = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot S^y \cdot t^x}$$

$C_v = 340$; $x = 0.15$; $y = 0.45$; $m = 0.2$; (табл. 17 [8])

T - період стійкості різця, $T = 60$ хв;

K_v - поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання,

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} \cdot K_{0v}$$

K_{mv} - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу (табл. 1 [8]),

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n = \left(\frac{750}{700} \right)^{0.3} = 1.07$$

K_{mv} - поправочний коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки,

$K_{mv} = 0,90$ (табл. 5 [8]);

K_{uv} - поправочний коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента,

$K_{uv} = 1.0$ (табл. 6 [8]);

$$K_v = 1.07 \cdot 1 \cdot 0.9 = 0.96$$

$$V = \frac{340 \cdot 0.96}{60^{0.2} \cdot 0.8^{0.45} \cdot 0.2^{0.15}} = 202.6 \text{ м/хв}$$

Тангенціальна сила різання P_z :

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^{xp} \cdot S^{yp} \cdot V^{np} \cdot K_p$$

C_p ; x_p ; y_p ; n_p - імперичні коефіцієнти і показники степені, для твердого сплава ці коефіцієнти становлять:

C_p - 300;

x_p - 1,0;

y_p - 0,75;

n_p - -0,15

t - глибина різання (при відрізанні, прорізанні і точінні);

$K_p = K_{Mp} \cdot K_{jp} \cdot K_{gp} \cdot K_{lp} \cdot K_{rp}$ - поправочні коефіцієнти які враховують фактичні умови різання, для твердого сплаву ці коефіцієнти складають:

K_p - 1

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^{xp} \cdot S^{yp} \cdot V^{np} \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,2^1 \cdot 0,13^{0,75} \cdot 202,6^{-0,15} \cdot 1 = 60,48 \text{ Н};$$

Для визначення радіальної величини різання P_y скористаємось такою формулою[13]:

$$P_y = (0.25 \dots 0.5) \cdot P_z$$

$$P_y = 0.5 \cdot 60.48 = 30.24 \text{ Н}$$

Для визначення осьова величина різання P_x скористаємось такою формулою[13]:

$$P_x = (0.1 \dots 0.25) \cdot P_z$$

$$P_x = 0.25 \cdot 60.48 = 15.12 \text{ Н}$$

6.2.Аналіз напружено-деформованого стану

Був проведений аналіз напружено-деформованого стану у спеціальній середі в Autodesk Inventor 2020 (рис 6.2) в який входить аналіз: напруженого стану, деформації зсуву інструменту та деформація.

Рисунок 6.2.- Аналіз напружено деформованого стану

Для розрахунку напруженого стану потрібні були такі вихідні данні як:

Матеріал різальної частини -твердий сплав ВК8, матеріал корпусу леза – сталь 40х та матеріал державки – сталь 40х. Також Значення сил різання які визначали в (пункті 6.1) де значення тангенціальної сили різання $P_z = 60.48\text{Н}$, радіальна величина різання $P_y = 30.24\text{Н}$, а осьова величина різання складає $P_x = 15.12\text{Н}$.

Далі потрібно було назначити матеріал(рис 6.3)

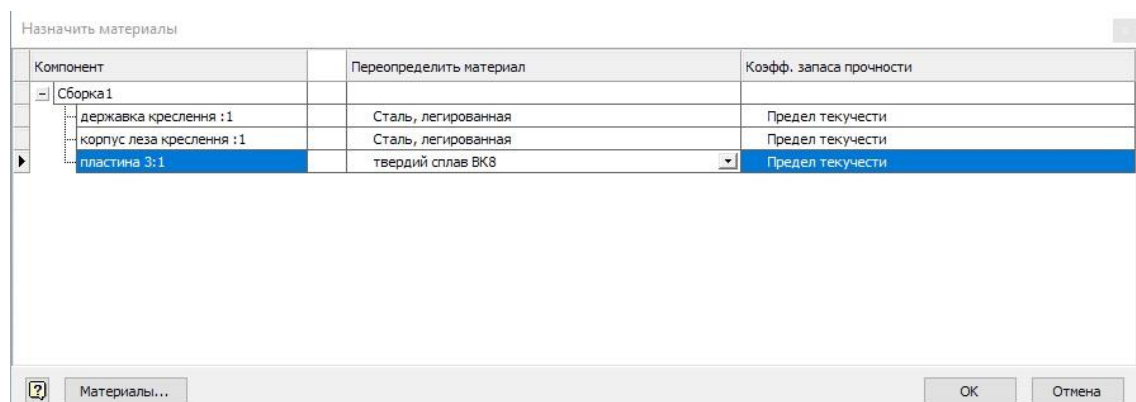


Рисунок 6.3 Вибір матеріалу для аналізу напружено-деформованого стану.

Потім вибираємо місце прикладення сили обираємо напрямок прикладення сили та тож обираємо місце закріплення деталі після того як ми назначили всі необхідні вихідні данні проводимо моделювання напружено-деформованого стану та отримуємо результати моделювання (рис 6.4), в яких є аналіз напруження інструменту, аналіз деформації зсуву інструменту та, аналіз деформації розтягу інструменту.

Тип: Напряжение по Мизесу
Единица: МПа
10.06.2020, 20:52:04

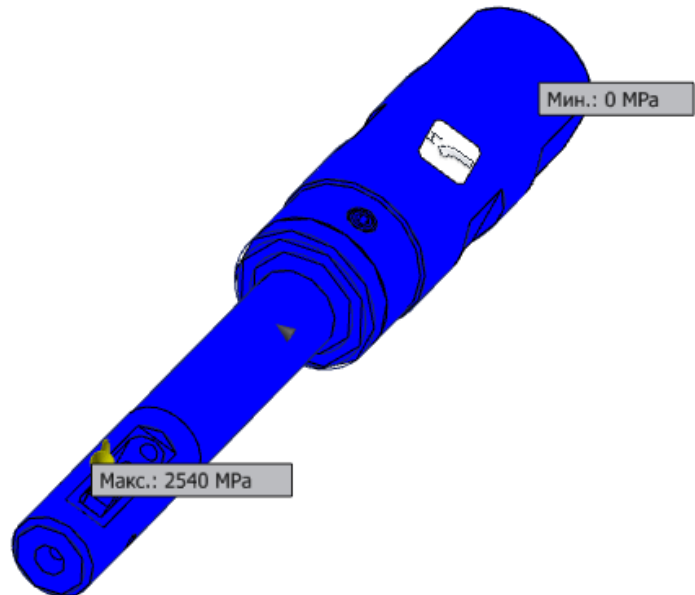
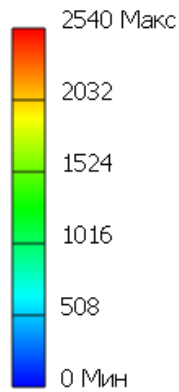


Рисунок 6.4 – Результати моделювання

В результаті моделювання отримали такі данні:

Тангенціальна сила різання $P_z=60.48\text{H}$

- Напруження інструмента: max 181.2 mPa. min 0mPa.
- Деформація зсуву інструмента: 0,016mm.
- Коефіцієнт запасу міцності : max 15 min 1.14

Радіальна сила різання $P_y=30.24\text{H}$;

- Напруження інструмента: max 1671 mPa. min 0 mPa.
- Деформація зсуву інструмента: 0,0056mm.
- Коефіцієнт запасу міцності: max 15 min 0.12

Осьова сила різання $P_x=15.12\text{H}$;

- Напруження інструмента: max 923.3 mPa. min 0 mPa.
- Деформація зсуву інструмента: 0,015mm.
- Коефіцієнт запасу міцності: max 15 min 0.22

За результатами можна зробити висновок що до інструменту матеріали підібрані вірно і інструмент витримує розраховані навантаження.

Висновки

Так як сучасне машинобудування дуже швидко розвивається і форми деталей стають все складніші, виробництво потребує спеціальні інструменти наприклад як представлений в даному дипломному проєкті, а саме розточна головка для закритих поверхонь.

В даному дипломному проєкті було виконано аналіз закритих поверхонь, а також синтез розгляної головки. Також був розроблений технологічний процес на виготовлення корпусу леза, було удосконалене пристосування для фрезерування пазу під твердосплавну пластину, розроблено керуючу програму для верстата з ЧПК, та проведено аналіз напружено-деформованого стану.

Данна розточна головка призначена для обробки закритих поверхонь які зустрічаються у багатьох галузях машинобудування наприклад поворотний кулак або карданний вал і тд.

Література

1. Александра. Обработка отворів [Электронный ресурс] / Александра – Режим доступа до ресурсу: <https://docplayer.ru/30355791-V-proizvodstve-aviacionnyh-i-raketnyh-dvigatelye-stalkivayutsya-s-neobhodimostyu-polucheniya-kruglyh-otverstiy-razlichnogo-diametra-formy-trebovaniy-po.html>
2. Flipcut [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: 2. <https://cogsdill.com/products/deburring-tools/flipcut/>.
3. Драгун, А.П. Режущий инструмент. (Для молодых рабочих) – Ленинград: Лениздат, 1986. – 286 с. – (1986).
4. BSF [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: 4. <https://www.heuletool.com/products/spotfacing-counterboring-13/bsf-25/>.
5. Кучерук Д. В. Обработка закрытых поверхностей розточувальною головкою [Электронный ресурс] / Д. В. Кучерук, Д. Ю. Джулий – Режим доступа до ресурсу: <http://imm-mmi.kpi.ua/imm2020/paper/view/21535>
6. Конструкции хвостовиков режущего и вспомогательного инструмента для станков с ЧПУ [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://extxe.com/20214/konstrukcii-hvostovikov-rezhushhego-i-vspomogatelnogo-instrumenta-dlja-stankov-s-chpu/>.
7. Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя Т.1 / Р.К. Мещеряков. - М.: Машиностроение, 1986.-656с.
8. Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя Т.2 / Р.К. Мещеряков. - М.: Машиностроение, 1985.-496с.
9. Учеб. пособие /Ю.С.Звягольский, В.Г.Солоненко, А.Г.Схиртладзе. - М.: Высш. шк., 2010. - 334 с..
10. Ансеров М.А., Герст В.М. Приспособления для металлорежущих станков. — Л.: Машгиз (Ленингр. отд-ие), 1956. — 186
11. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений. Справочное пособие. Минск. 1991 год /Минск: Беларусь, 1991. – 400 с.
12. сили різання [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: 12. <https://studfile.net/preview/5775589/page:6/>.

13. Теория резанья [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: http://osntm.ru/sila_rez.html.
14. Zenitech.ua [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.zenitech.ua/metalloobrabatyvayushchie/tokarno-frezernye-tsentry-s-chpu/tokarno-frezernye-tsentry-hurco-serii-tmx-mys>.
15. Твердые сплавы. Марки твердых сплавов. Применение твердых сплавов [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://yaruse.ru/posts/show/id/949>.
16. Бруштейн Б.Е., Дементьев В.И. Основы токарного дела. 4-е изд., доп., М.: Профтехиздат, 1962., 328 с., ил.

Додатки

Додаток А

Керуюча програм для фрезерного оброблення на верстаті з ЧПК

%

O1001

(T1 D=2. CR=0. TAPER=118DEG - DRILL)

(T3 D=2. CR=0. - FLAT END MILL)

(T4 D=15. CR=0. TAPER=45DEG - CHAMFER MILL)

(T20 D=12.7 CR=0. TAPER=90DEG - COUNTERSINK)

N10 G90 G94 G17 G49 G40 G80

N15 G21

N20 G28 G91 Z0.

N25 G90

(1)

N30 T4 M06

N35 T3

N40 S5000 M03

N45 G54

N50 G68.2 X0. Y0. Z0. I0. J90. K0.

N55 G53.1

N60 M08

N65 G00 X-11.5 Y-5.74

N70 G43 Z24. H04

N75 G00 Z12.

N80 G01 Z5.95 F1000.

N85 Y5.962

N90 Z12.

N95 G00 Z24.

N100 G28 G91 Z0.

N105 G90

(2)

N110 G68.2 X0. Y0. Z0. I180. J90. K180.

N115 G53.1

N120 G49

N125 G00 X-11.5 Y5.74

N130 G43 Z27. H04

N135 G00 Z17.

N140 G01 Z5.95 F1000.

N145 Y-5.962

N150 Z17.

N155 G00 Z27.

(2)

N160 G00 X-22.5 Y5.74

N165 Z27.

N170 Z17.

N175 G01 Z5.95 F1000.

N180 Y-5.962

N185 Z17.

N190 G00 Z27.

N195 M05

N200 G28 G91 Z0.

N205 G90
 N210 G49

 (2D-1)
 N215 M09
 N220 M01
 N225 T3 M06
 N230 T1
 N235 S5000 M03
 N240 G54
 N245 G68.2 X0. Y0. Z0. I180. J90. K180.
 N250 G53.1
 N255 M08
 N260 G00 X-18.527 Y0.359
 N265 G43 Z11.95 H03
 N270 G00 Z8.65
 N275 G01 X-18.534 Z8.599 F333.
 N280 X-18.553 Z8.552
 N285 X-18.584 Z8.511
 N290 X-18.623 Z8.479
 N295 X-18.67 Y0.358 Z8.458
 N300 X-18.721 Z8.45
 N305 X-25.016 Y0.334 Z8.23
 N310 G03 Y-0.334 Z8.194 J-0.334
 N315 G01 X-17.016 Y-0.365 Z7.914
 N320 X-16.944 Y-0.358 Z7.912
 N325 X-16.874 Y-0.337 Z7.909
 N330 X-16.81 Y-0.303 Z7.907
 N335 X-16.636 Y-0.177 Z7.899
 N340 G03 Y0.177 Z7.885 I-0.137 J0.177
 N345 G01 X-16.81 Y0.303 Z7.877
 N350 X-16.874 Y0.337 Z7.875
 N355 X-16.944 Y0.358 Z7.872
 N360 X-17.016 Y0.365 Z7.87
 N365 X-25.016 Y0.334 Z7.59
 N370 G03 Y-0.334 Z7.554 J-0.334
 N375 G01 X-17.016 Y-0.365 Z7.274
 N380 X-16.944 Y-0.358 Z7.272
 N385 X-16.874 Y-0.337 Z7.269
 N390 X-16.81 Y-0.303 Z7.267
 N395 X-16.636 Y-0.177 Z7.259
 N400 G03 Y0.177 Z7.245 I-0.137 J0.177
 N405 G01 X-16.81 Y0.303 Z7.238
 N410 X-16.874 Y0.337 Z7.235
 N415 X-16.944 Y0.358 Z7.232
 N420 X-17.016 Y0.365 Z7.23
 N425 X-25.016 Y0.334 Z6.951
 N430 G03 Y-0.334 Z6.914 J-0.334
 N435 G01 X-17.016 Y-0.365 Z6.635
 N440 X-16.944 Y-0.358 Z6.632
 N445 X-16.874 Y-0.337 Z6.63
 N450 X-16.81 Y-0.303 Z6.627
 N455 X-16.636 Y-0.177 Z6.619
 N460 G03 Y0.177 Z6.605 I-0.137 J0.177

N465 G01 X-16.81 Y0.303 Z6.598
N470 X-16.874 Y0.337 Z6.595
N475 X-16.944 Y0.358 Z6.593
N480 X-17.016 Y0.365 Z6.59
N485 X-25.016 Y0.334 Z6.311
N490 G03 Y-0.334 Z6.274 J-0.334
N495 G01 X-17.016 Y-0.365 Z5.995
N500 X-16.944 Y-0.358 Z5.992
N505 X-16.874 Y-0.337 Z5.99
N510 X-16.81 Y-0.303 Z5.987
N515 X-16.636 Y-0.177 Z5.98
N520 G03 Y0.177 Z5.965 I-0.137 J0.177
N525 G01 X-16.81 Y0.303 Z5.958
N530 X-16.874 Y0.337 Z5.955
N535 X-16.944 Y0.358 Z5.953
N540 X-17.016 Y0.365 Z5.95
N545 X-25.016 Y0.334 Z5.671
N550 G03 Y-0.334 Z5.634 J-0.334
N555 G01 X-17.016 Y-0.365 Z5.355
N560 X-16.944 Y-0.358 Z5.352
N565 X-16.874 Y-0.337 Z5.35
N570 X-16.81 Y-0.303 Z5.347
N575 X-16.636 Y-0.177 Z5.34
N580 G03 Y0.177 Z5.326 I-0.137 J0.177
N585 G01 X-16.81 Y0.303 Z5.318
N590 X-16.874 Y0.337 Z5.316
N595 X-16.944 Y0.358 Z5.313
N600 X-17.016 Y0.365 Z5.31
N605 X-25.016 Y0.334 Z5.031
N610 G03 Y-0.334 Z4.995 J-0.334
N615 G01 X-17.016 Y-0.365 Z4.715
N620 X-16.944 Y-0.358 Z4.713
N625 X-16.874 Y-0.337 Z4.71
N630 X-16.81 Y-0.303 Z4.708
N635 X-16.636 Y-0.177 Z4.7
N640 G03 Y0.177 Z4.686 I-0.137 J0.177
N645 G01 X-16.81 Y0.303 Z4.678
N650 X-16.874 Y0.337 Z4.676
N655 X-16.944 Y0.358 Z4.673
N660 X-17.016 Y0.365 Z4.671
N665 X-25.016 Y0.334 Z4.391
N670 G03 Y-0.334 Z4.355 J-0.334
N675 G01 X-17.016 Y-0.365 Z4.075
N680 X-16.944 Y-0.358 Z4.073
N685 X-16.874 Y-0.337 Z4.07
N690 X-16.81 Y-0.303 Z4.068
N695 X-16.636 Y-0.177 Z4.06
N700 G03 Y0.177 Z4.046 I-0.137 J0.177
N705 G01 X-16.81 Y0.303 Z4.038
N710 X-16.874 Y0.337 Z4.036
N715 X-16.944 Y0.358 Z4.033
N720 X-17.016 Y0.365 Z4.031
N725 X-25.016 Y0.334 Z3.752
N730 G03 Y-0.334 Z3.715 J-0.334

N735 G01 X-17.016 Y-0.365 Z3.436
N740 X-16.944 Y-0.358 Z3.433
N745 X-16.874 Y-0.337 Z3.43
N750 X-16.81 Y-0.303 Z3.428
N755 X-16.636 Y-0.177 Z3.42
N760 G03 Y0.177 Z3.406 I-0.137 J0.177
N765 G01 X-16.81 Y0.303 Z3.399
N770 X-16.874 Y0.337 Z3.396
N775 X-16.944 Y0.358 Z3.394
N780 X-17.016 Y0.365 Z3.391
N785 X-25.016 Y0.334 Z3.112
N790 G03 Y-0.334 Z3.075 J-0.334
N795 G01 X-17.016 Y-0.365 Z2.796
N800 X-16.944 Y-0.358 Z2.793
N805 X-16.874 Y-0.337 Z2.791
N810 X-16.81 Y-0.303 Z2.788
N815 X-16.636 Y-0.177 Z2.781
N820 G03 Y0.177 Z2.766 I-0.137 J0.177
N825 G01 X-16.81 Y0.303 Z2.759
N830 X-16.874 Y0.337 Z2.756
N835 X-16.944 Y0.358 Z2.754
N840 X-17.016 Y0.365 Z2.751
N845 X-25.016 Y0.334 Z2.472
N850 G03 Y-0.334 Z2.435 J-0.334
N855 G01 X-17.016 Y-0.365 Z2.156
N860 X-16.944 Y-0.358 Z2.153
N865 X-16.874 Y-0.337 Z2.151
N870 X-16.81 Y-0.303 Z2.148
N875 X-16.636 Y-0.177 Z2.141
N880 G03 Y0.177 Z2.127 I-0.137 J0.177
N885 G01 X-16.81 Y0.303 Z2.119
N890 X-16.874 Y0.337 Z2.117
N895 X-16.944 Y0.358 Z2.114
N900 X-17.016 Y0.365 Z2.111
N905 X-25.016 Y0.334 Z1.832
N910 G03 Y-0.334 Z1.795 J-0.334
N915 G01 X-17.016 Y-0.365 Z1.516
N920 X-16.944 Y-0.358 Z1.514
N925 X-16.874 Y-0.337 Z1.511
N930 X-16.81 Y-0.303 Z1.509
N935 X-16.636 Y-0.177 Z1.501
N940 G03 Y0.177 Z1.487 I-0.137 J0.177
N945 G01 X-16.81 Y0.303 Z1.479
N950 X-16.874 Y0.337 Z1.477
N955 X-16.944 Y0.358 Z1.474
N960 X-17.016 Y0.365 Z1.472
N965 X-25.016 Y0.334 Z1.192
N970 G03 Y-0.334 Z1.156 J-0.334
N975 G01 X-17.016 Y-0.365 Z0.876
N980 X-16.944 Y-0.358 Z0.874
N985 X-16.874 Y-0.337 Z0.871
N990 X-16.81 Y-0.303 Z0.869
N995 X-16.636 Y-0.177 Z0.861
N1000 G03 Y0.177 Z0.847 I-0.137 J0.177

N1005 G01 X-16.81 Y0.303 Z0.839
N1010 X-16.874 Y0.337 Z0.837
N1015 X-16.944 Y0.358 Z0.834
N1020 X-17.016 Y0.365 Z0.832
N1025 X-25.016 Y0.334 Z0.552
N1030 G03 Y-0.334 Z0.516 J-0.334
N1035 G01 X-17.016 Y-0.365 Z0.236
N1040 X-16.944 Y-0.358 Z0.234
N1045 X-16.874 Y-0.337 Z0.231
N1050 X-16.81 Y-0.303 Z0.229
N1055 X-16.636 Y-0.177 Z0.221
N1060 G03 Y0.177 Z0.207 I-0.137 J0.177
N1065 G01 X-16.81 Y0.303 Z0.2
N1070 X-16.874 Y0.337 Z0.197
N1075 X-16.944 Y0.358 Z0.195
N1080 X-17.016 Y0.365 Z0.192
N1085 X-25.016 Y0.334 Z-0.087
N1090 G03 Y-0.334 Z-0.124 J-0.334
N1095 G01 X-17.016 Y-0.365 Z-0.403
N1100 X-16.944 Y-0.358 Z-0.406
N1105 X-16.874 Y-0.337 Z-0.408
N1110 X-16.81 Y-0.303 Z-0.411
N1115 X-16.636 Y-0.177 Z-0.418
N1120 G03 Y0.177 Z-0.433 I-0.137 J0.177
N1125 G01 X-16.81 Y0.303 Z-0.44
N1130 X-16.874 Y0.337 Z-0.443
N1135 X-16.944 Y0.358 Z-0.445
N1140 X-17.016 Y0.365 Z-0.448
N1145 X-25.016 Y0.334 Z-0.727
N1150 G03 Y-0.334 Z-0.764 J-0.334
N1155 G01 X-17.016 Y-0.365 Z-1.043
N1160 X-16.944 Y-0.358 Z-1.046
N1165 X-16.874 Y-0.337 Z-1.048
N1170 X-16.81 Y-0.303 Z-1.051
N1175 X-16.636 Y-0.177 Z-1.058
N1180 G03 Y0.177 Z-1.072 I-0.137 J0.177
N1185 G01 X-16.81 Y0.303 Z-1.08
N1190 X-16.874 Y0.337 Z-1.083
N1195 X-16.944 Y0.358 Z-1.085
N1200 X-17.016 Y0.365 Z-1.088
N1205 X-25.016 Y0.334 Z-1.367
N1210 G03 Y-0.334 Z-1.404 J-0.334
N1215 G01 X-17.016 Y-0.365 Z-1.683
N1220 X-16.944 Y-0.358 Z-1.685
N1225 X-16.874 Y-0.337 Z-1.688
N1230 X-16.81 Y-0.303 Z-1.691
N1235 X-16.636 Y-0.177 Z-1.698
N1240 G03 Y0.177 Z-1.712 I-0.137 J0.177
N1245 G01 X-16.81 Y0.303 Z-1.72
N1250 X-16.874 Y0.337 Z-1.722
N1255 X-16.944 Y0.358 Z-1.725
N1260 X-17.016 Y0.365 Z-1.727
N1265 X-25.016 Y0.334 Z-2.007
N1270 G03 Y-0.334 Z-2.043 J-0.334

N1275 G01 X-24.826 Z-2.05
 N1280 X-17.016 Y-0.365 F1000.
 N1285 X-16.944 Y-0.358
 N1290 X-16.874 Y-0.337
 N1295 X-16.81 Y-0.303
 N1300 X-16.636 Y-0.177
 N1305 G03 Y0.177 I-0.137 J0.177
 N1310 G01 X-16.81 Y0.303
 N1315 X-16.874 Y0.337
 N1320 X-16.944 Y0.358
 N1325 X-17.016 Y0.365
 N1330 X-25.016 Y0.334
 N1335 G03 Y-0.334 J-0.334
 N1340 G01 X-24.826
 N1345 G02 X-24.244 Y-0.723 I-0.002 J-0.634
 N1350 G03 X-23.662 Y-1.112 I0.582 J0.241
 N1355 G01 X-17.016
 N1360 G03 X-16.28 Y-0.834 J1.112
 N1365 G02 X-15.031 Y-0.363 I1.248 J-1.416
 N1370 G01 X-9.162 Y-0.407
 N1375 G03 X-8.842 Y-0.088 J0.319
 N1380 G01 Y0.088
 N1385 G03 X-9.162 Y0.407 I-0.319
 N1390 X-12.097 Y0.385 J-191.409
 N1395 G02 X-15.031 Y0.363 I-2.935 J191.387
 N1400 X-16.28 Y0.834 J1.887
 N1405 G03 X-17.016 Y1.112 I-0.736 J-0.834
 N1410 G01 X-25.016
 N1415 G03 Y-1.112 J-1.112
 N1420 G01 X-23.662
 N1425 G02 X-22.996 Y-1.556 J-0.721
 N1430 G03 X-22.33 Y-2. I0.666 J0.277
 N1435 G01 X-17.016
 N1440 G03 X-15.693 Y-1.5 J2.
 N1445 G02 X-15.031 Y-1.25 I0.661 J-0.75
 N1450 G01 X-8.
 N1455 Y1.25
 N1460 X-15.031
 N1465 G02 X-15.693 Y1.5 J1.
 N1470 G03 X-17.016 Y2. I-1.323 J-1.5
 N1475 G01 X-25.016
 N1480 G03 Y-2. J-2.
 N1485 G01 X-22.33
 N1490 X-22.281 Y-1.994 Z-2.037
 N1495 X-22.234 Y-1.976 Z-2.023
 N1500 X-22.204 Y-1.955 Z-1.987
 N1505 X-22.178 Y-1.93 Z-1.95
 N1510 X-22.162 Y-1.908 Z-1.85
 N1515 G00 Z11.95
 N1520 G28 G91 Z0.
 N1525 G90

(2D-1 2)

N1530 G68.2 X0. Y0. Z0. I0. J90. K0.

N1535 G53.1
N1540 G49
N1545 G00 X-12.538 Y0.407
N1550 G43 Z17. H03
N1555 G00 Z8.65
N1560 G18 G03 X-12.731 Z8.45 I-0.2 F333.
N1565 G01 X-13.338 Z8.429
N1570 G17 G03 X-13.658 Y0.088 Z8.411 J-0.319
N1575 G01 Y-0.088 Z8.405
N1580 G03 X-13.338 Y-0.407 Z8.388 I0.319
N1585 G01 X-9.162 Z8.242
N1590 G03 X-8.842 Y-0.088 Z8.224 J0.319
N1595 G01 Y0.088 Z8.218
N1600 G03 X-9.162 Y0.407 Z8.201 I-0.319
N1605 G01 X-13.338 Z8.055
N1610 G03 X-13.658 Y0.088 Z8.037 J-0.319
N1615 G01 Y-0.088 Z8.031
N1620 G03 X-13.338 Y-0.407 Z8.014 I0.319
N1625 G01 X-9.162 Z7.868
N1630 G03 X-8.842 Y-0.088 Z7.85 J0.319
N1635 G01 Y0.088 Z7.844
N1640 G03 X-9.162 Y0.407 Z7.826 I-0.319
N1645 G01 X-13.338 Z7.681
N1650 G03 X-13.658 Y0.088 Z7.663 J-0.319
N1655 G01 Y-0.088 Z7.657
N1660 G03 X-13.338 Y-0.407 Z7.639 I0.319
N1665 G01 X-9.162 Z7.494
N1670 G03 X-8.842 Y-0.088 Z7.476 J0.319
N1675 G01 Y0.088 Z7.47
N1680 G03 X-9.162 Y0.407 Z7.452 I-0.319
N1685 G01 X-13.338 Z7.307
N1690 G03 X-13.658 Y0.088 Z7.289 J-0.319
N1695 G01 Y-0.088 Z7.283
N1700 G03 X-13.338 Y-0.407 Z7.265 I0.319
N1705 G01 X-9.162 Z7.12
N1710 G03 X-8.842 Y-0.088 Z7.102 J0.319
N1715 G01 Y0.088 Z7.096
N1720 G03 X-9.162 Y0.407 Z7.078 I-0.319
N1725 G01 X-13.338 Z6.933
N1730 G03 X-13.658 Y0.088 Z6.915 J-0.319
N1735 G01 Y-0.088 Z6.909
N1740 G03 X-13.338 Y-0.407 Z6.891 I0.319
N1745 G01 X-9.162 Z6.746
N1750 G03 X-8.842 Y-0.088 Z6.728 J0.319
N1755 G01 Y0.088 Z6.722
N1760 G03 X-9.162 Y0.407 Z6.704 I-0.319
N1765 G01 X-13.338 Z6.558
N1770 G03 X-13.658 Y0.088 Z6.541 J-0.319
N1775 G01 Y-0.088 Z6.535
N1780 G03 X-13.338 Y-0.407 Z6.517 I0.319
N1785 G01 X-9.162 Z6.371
N1790 G03 X-8.842 Y-0.088 Z6.354 J0.319
N1795 G01 Y0.088 Z6.348
N1800 G03 X-9.162 Y0.407 Z6.33 I-0.319

N1805 G01 X-13.338 Z6.184
N1810 G03 X-13.658 Y0.088 Z6.167 J-0.319
N1815 G01 Y-0.088 Z6.161
N1820 G03 X-13.338 Y-0.407 Z6.143 I0.319
N1825 G01 X-9.162 Z5.997
N1830 G03 X-8.842 Y-0.088 Z5.98 J0.319
N1835 G01 Y0.088 Z5.974
N1840 G03 X-9.162 Y0.407 Z5.956 I-0.319
N1845 G01 X-13.338 Z5.81
N1850 G03 X-13.658 Y0.088 Z5.793 J-0.319
N1855 G01 Y-0.088 Z5.787
N1860 G03 X-13.338 Y-0.407 Z5.769 I0.319
N1865 G01 X-9.162 Z5.623
N1870 G03 X-8.842 Y-0.088 Z5.606 J0.319
N1875 G01 Y0.088 Z5.6
N1880 G03 X-9.162 Y0.407 Z5.582 I-0.319
N1885 G01 X-13.338 Z5.436
N1890 G03 X-13.658 Y0.088 Z5.419 J-0.319
N1895 G01 Y-0.088 Z5.413
N1900 G03 X-13.338 Y-0.407 Z5.395 I0.319
N1905 G01 X-9.162 Z5.249
N1910 G03 X-8.842 Y-0.088 Z5.232 J0.319
N1915 G01 Y0.088 Z5.226
N1920 G03 X-9.162 Y0.407 Z5.208 I-0.319
N1925 G01 X-13.338 Z5.062
N1930 G03 X-13.658 Y0.088 Z5.045 J-0.319
N1935 G01 Y-0.088 Z5.039
N1940 G03 X-13.338 Y-0.407 Z5.021 I0.319
N1945 G01 X-9.162 Z4.875
N1950 G03 X-8.842 Y-0.088 Z4.858 J0.319
N1955 G01 Y0.088 Z4.852
N1960 G03 X-9.162 Y0.407 Z4.834 I-0.319
N1965 G01 X-13.338 Z4.688
N1970 G03 X-13.658 Y0.088 Z4.671 J-0.319
N1975 G01 Y-0.088 Z4.664
N1980 G03 X-13.338 Y-0.407 Z4.647 I0.319
N1985 G01 X-9.162 Z4.501
N1990 G03 X-8.842 Y-0.088 Z4.484 J0.319
N1995 G01 Y0.088 Z4.477
N2000 G03 X-9.162 Y0.407 Z4.46 I-0.319
N2005 G01 X-13.338 Z4.314
N2010 G03 X-13.658 Y0.088 Z4.297 J-0.319
N2015 G01 Y-0.088 Z4.29
N2020 G03 X-13.338 Y-0.407 Z4.273 I0.319
N2025 G01 X-9.162 Z4.127
N2030 G03 X-8.842 Y-0.088 Z4.11 J0.319
N2035 G01 Y0.088 Z4.103
N2040 G03 X-9.162 Y0.407 Z4.086 I-0.319
N2045 G01 X-13.338 Z3.94
N2050 G03 X-13.658 Y0.088 Z3.923 J-0.319
N2055 G01 Y-0.088 Z3.916
N2060 G03 X-13.338 Y-0.407 Z3.899 I0.319
N2065 G01 X-9.162 Z3.753
N2070 G03 X-8.842 Y-0.088 Z3.735 J0.319

N2075 G01 Y0.088 Z3.729
N2080 G03 X-9.162 Y0.407 Z3.712 I-0.319
N2085 G01 X-13.338 Z3.566
N2090 G03 X-13.658 Y0.088 Z3.548 J-0.319
N2095 G01 Y-0.088 Z3.542
N2100 G03 X-13.338 Y-0.407 Z3.525 I0.319
N2105 G01 X-9.162 Z3.379
N2110 G03 X-8.842 Y-0.088 Z3.361 J0.319
N2115 G01 Y0.088 Z3.355
N2120 G03 X-9.162 Y0.407 Z3.338 I-0.319
N2125 G01 X-13.338 Z3.192
N2130 G03 X-13.658 Y0.088 Z3.174 J-0.319
N2135 G01 Y-0.088 Z3.168
N2140 G03 X-13.338 Y-0.407 Z3.151 I0.319
N2145 G01 X-9.162 Z3.005
N2150 G03 X-8.842 Y-0.088 Z2.987 J0.319
N2155 G01 Y0.088 Z2.981
N2160 G03 X-9.162 Y0.407 Z2.964 I-0.319
N2165 G01 X-13.338 Z2.818
N2170 G03 X-13.658 Y0.088 Z2.8 J-0.319
N2175 G01 Y-0.088 Z2.794
N2180 G03 X-13.338 Y-0.407 Z2.777 I0.319
N2185 G01 X-9.162 Z2.631
N2190 G03 X-8.842 Y-0.088 Z2.613 J0.319
N2195 G01 Y0.088 Z2.607
N2200 G03 X-9.162 Y0.407 Z2.59 I-0.319
N2205 G01 X-13.338 Z2.444
N2210 G03 X-13.658 Y0.088 Z2.426 J-0.319
N2215 G01 Y-0.088 Z2.42
N2220 G03 X-13.338 Y-0.407 Z2.403 I0.319
N2225 G01 X-9.162 Z2.257
N2230 G03 X-8.842 Y-0.088 Z2.239 J0.319
N2235 G01 Y0.088 Z2.233
N2240 G03 X-9.162 Y0.407 Z2.216 I-0.319
N2245 G01 X-13.338 Z2.07
N2250 G03 X-13.658 Y0.088 Z2.052 J-0.319
N2255 G01 Y-0.088 Z2.046
N2260 G03 X-13.338 Y-0.407 Z2.029 I0.319
N2265 G01 X-9.162 Z1.883
N2270 G03 X-8.842 Y-0.088 Z1.865 J0.319
N2275 G01 Y0.088 Z1.859
N2280 G03 X-9.162 Y0.407 Z1.842 I-0.319
N2285 G01 X-13.338 Z1.696
N2290 G03 X-13.658 Y0.088 Z1.678 J-0.319
N2295 G01 Y-0.088 Z1.672
N2300 G03 X-13.338 Y-0.407 Z1.654 I0.319
N2305 G01 X-9.162 Z1.509
N2310 G03 X-8.842 Y-0.088 Z1.491 J0.319
N2315 G01 Y0.088 Z1.485
N2320 G03 X-9.162 Y0.407 Z1.467 I-0.319
N2325 G01 X-13.338 Z1.322
N2330 G03 X-13.658 Y0.088 Z1.304 J-0.319
N2335 G01 Y-0.088 Z1.298
N2340 G03 X-13.338 Y-0.407 Z1.28 I0.319

N2345 G01 X-9.162 Z1.135
N2350 G03 X-8.842 Y-0.088 Z1.117 J0.319
N2355 G01 Y0.088 Z1.111
N2360 G03 X-9.162 Y0.407 Z1.093 I-0.319
N2365 G01 X-13.338 Z0.948
N2370 G03 X-13.658 Y0.088 Z0.93 J-0.319
N2375 G01 Y-0.088 Z0.924
N2380 G03 X-13.338 Y-0.407 Z0.906 I0.319
N2385 G01 X-9.162 Z0.761
N2390 G03 X-8.842 Y-0.088 Z0.743 J0.319
N2395 G01 Y0.088 Z0.737
N2400 G03 X-9.162 Y0.407 Z0.719 I-0.319
N2405 G01 X-13.338 Z0.573
N2410 G03 X-13.658 Y0.088 Z0.556 J-0.319
N2415 G01 Y-0.088 Z0.55
N2420 G03 X-13.338 Y-0.407 Z0.532 I0.319
N2425 G01 X-9.162 Z0.386
N2430 G03 X-8.842 Y-0.088 Z0.369 J0.319
N2435 G01 Y0.088 Z0.363
N2440 G03 X-9.162 Y0.407 Z0.345 I-0.319
N2445 G01 X-13.338 Z0.199
N2450 G03 X-13.658 Y0.088 Z0.182 J-0.319
N2455 G01 Y-0.088 Z0.176
N2460 G03 X-13.338 Y-0.407 Z0.158 I0.319
N2465 G01 X-9.162 Z0.012
N2470 G03 X-8.842 Y-0.088 Z-0.005 J0.319
N2475 G01 Y0.088 Z-0.011
N2480 G03 X-9.162 Y0.407 Z-0.029 I-0.319
N2485 G01 X-13.338 Z-0.175
N2490 G03 X-13.658 Y0.088 Z-0.192 J-0.319
N2495 G01 Y-0.088 Z-0.198
N2500 G03 X-13.338 Y-0.407 Z-0.216 I0.319
N2505 G01 X-9.162 Z-0.362
N2510 G03 X-8.842 Y-0.088 Z-0.379 J0.319
N2515 G01 Y0.088 Z-0.385
N2520 G03 X-9.162 Y0.407 Z-0.403 I-0.319
N2525 G01 X-13.338 Z-0.549
N2530 G03 X-13.658 Y0.088 Z-0.566 J-0.319
N2535 G01 Y-0.088 Z-0.572
N2540 G03 X-13.338 Y-0.407 Z-0.59 I0.319
N2545 G01 X-9.162 Z-0.736
N2550 G03 X-8.842 Y-0.088 Z-0.753 J0.319
N2555 G01 Y0.088 Z-0.759
N2560 G03 X-9.162 Y0.407 Z-0.777 I-0.319
N2565 G01 X-13.338 Z-0.923
N2570 G03 X-13.658 Y0.088 Z-0.94 J-0.319
N2575 G01 Y-0.088 Z-0.946
N2580 X-13.653 Y-0.139 Z-0.948
N2585 X-13.641 Y-0.188 Z-0.95
N2590 G03 X-13.338 Y-0.407 I0.303 J0.1 F1000.
N2595 G01 X-9.162
N2600 G03 X-8.842 Y-0.088 J0.319
N2605 G01 Y0.088
N2610 G03 X-9.162 Y0.407 I-0.319

N2615 G01 X-13.338
N2620 G03 X-13.658 Y0.088 J-0.319
N2625 G01 Y-0.088
N2630 X-13.653 Y-0.139
N2635 X-13.641 Y-0.188
N2640 G02 X-13.84 Y-0.71 I-0.42 J-0.139
N2645 G03 X-13.696 Y-1.25 I0.145 J-0.25
N2650 G01 X-8.
N2655 Y1.25
N2660 X-14.5
N2665 Y-1.25
N2670 X-13.696
N2675 X-13.646 Y-1.244 Z-0.937
N2680 X-13.6 Y-1.226 Z-0.923
N2685 X-13.57 Y-1.205 Z-0.887
N2690 X-13.543 Y-1.18 Z-0.85
N2695 X-13.528 Y-1.158 Z-0.75
N2700 G00 Z17.
N2705 M09
N2710 M05
N2715 G28 G91 Z0.
N2720 G90
N2725 G49

(1)
N2730 M01
N2735 T1 M06
N2740 T20
N2745 S10000 M03
N2750 G54
N2755 G69
N2760 G00 X-13. Y0.
N2765 G43 Z21.95 H01
N2770 G00 Z11.95
N2775 G98 G81 X-13. Y0. Z1.25 R11.587 F500.
N2780 G80
N2785 Z21.95
N2790 G28 G91 Z0.
N2795 G90

(1)
N2800 G68.2 X0. Y0. Z0. I0. J180. K0.
N2805 G53.1
N2810 G49
N2815 G00 X-13. Y0.
N2820 G43 Z21.95 H01
N2825 G00 Z11.95
N2830 G81 X-13. Y0. Z1.25 R11.587 F500.
N2835 G80
N2840 Z21.95
N2845 M05
N2850 G28 G91 Z0.
N2855 G90
N2860 G49

(1 2)

N2865 M01

N2870 T20 M06

N2875 T4

N2880 S5000 M03

N2885 G54

N2890 G69

N2895 M08

N2900 G00 X-13. Y0.

N2905 G43 Z21.95 H20

N2910 G00 Z11.95

N2915 G81 X-13. Y0. Z5.587 R11.587 F508.

N2920 G80

N2925 Z21.95

N2930 G28 G91 Z0.

N2935 G90

(1 2)

N2940 G68.2 X0. Y0. Z0. I0. J180. K0.

N2945 G53.1

N2950 G49

N2955 G00 X-13. Y0.

N2960 G43 Z21.95 H20

N2965 G00 Z11.95

N2970 G81 X-13. Y0. Z5.587 R11.587 F508.

N2975 G80

N2980 Z21.95

N2985 M09

N2990 G28 G91 Z0.

N2995 G90

N3000 G49

N3005 G69

N3010 G28 G91 X0. Y0.

N3015 G90

N3020 M30

%

Додаток Б

Карта налаштування для фрезерного оброблення на верстаті з ЧПК



Setup Sheet for Program 1001

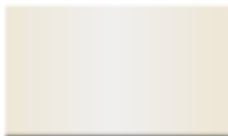

JOB DESCRIPTION: **Настройка2**


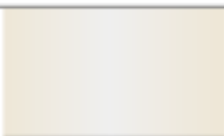


DOCUMENT PATH: C:\Users\kuche\Desktop\сверление123 .iam






Настройка	
WCS: #0	
STOCK:	
DX: 94mm	
DY: 13.9mm	
DZ: 13.9mm	
PART:	
DX: 95mm	
DY: 24mm	
DZ: 24mm	
STOCK LOWER IN WCS #0:	
X: 19.2mm	
Y: -6.95mm	
Z: -6.95mm	
STOCK UPPER IN WCS #0:	
X: 113.2mm	
Y: 6.95mm	
Z: 6.95mm	

Total
NUMBER OF OPERATIONS: 9
NUMBER OF TOOLS: 4
TOOLS: T1 T3 T4 T20
MAXIMUM FEEDRATE: 1000mm/min
MAXIMUM SPINDLE SPEED: 10000rpm
CUTTING DISTANCE: 827.03mm
RAPID DISTANCE: 222.78mm
ESTIMATED CYCLE TIME: 3m:3s

Tools			
T1 D1 L1			
TYPE: drill	MAXIMUM FEED: 500mm/min		HOLDER: Maritool CAT40-APU08 Drill Chuck
DIAMETER: 2mm	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 10000rpm		COMMENT: Maritool CAT40-APU08
TIP ANGLE: 118°	CUTTING DISTANCE: 20.67mm		VENDOR: Maritool
LENGTH: 22.54mm	RAPID DISTANCE: 62.13mm		PRODUCT: CAT40-APU08
FLUTES: 1	ESTIMATED CYCLE TIME: 3s (1.8%)		
T3 D3 L3			
TYPE: flat end mill	MAXIMUM FEED: 1000mm/min		
DIAMETER: 2mm	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 10000rpm		
LENGTH: 16mm	CUTTING DISTANCE: 702.95mm		
FLUTES: 3	RAPID DISTANCE: 43.2mm		
	ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:51s (50.9%)		

T4 D4 L4			
TYPE: chamfer mill	MAXIMUM FEED: 1000mm/min		
DIAMETER: 15mm	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 10000rpm		
TAPER ANGLE: 45°	CUTTING DISTANCE: 91.41mm		
LENGTH: 75mm	RAPID DISTANCE: 64mm		
FLUTES: 3	ESTIMATED CYCLE TIME: 6s (3.4%)		
T20 D20 L20			
TYPE: countersink	MAXIMUM FEED: 508mm/min	HOLDER: Default Holder	
DIAMETER: 12.7mm	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 10000rpm		
TIP ANGLE: 90°	CUTTING DISTANCE: 12mm		
LENGTH: 50.8mm	RAPID DISTANCE: 53.45mm		
FLUTES: 3	ESTIMATED CYCLE TIME: 2s (1.1%)		

Операции			
Operation 1/9		T4 D4 L4	
DESCRIPTION: TRASIRIVKA1	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm	TYPE: chamfer mill	
STRATEGY: 3D Path	MAXIMUM FEEDRATE: 1000mm/min	DIAMETER: 15mm	
WCS: #0	CUTTING DISTANCE: 23.8mm	TAPER ANGLE: 45°	
TOLERANCE: 0.01mm	RAPID DISTANCE: 24mm	LENGTH: 75mm	
STOCK TO LEAVE: 0mm	ESTIMATED CYCLE TIME: 2s (0.9%)	FLUTES: 3	
	COOLANT: Flood		
Operation 2/9		T4 D4 L4	
DESCRIPTION: Трассировка2	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm	TYPE: chamfer mill	
STRATEGY: 3D Path	MAXIMUM FEEDRATE: 1000mm/min	DIAMETER: 15mm	
WCS: #0	CUTTING DISTANCE: 33.8mm	TAPER ANGLE: 45°	
PATTERN GROUP: A	RAPID DISTANCE: 20mm	LENGTH: 75mm	
TOLERANCE: 0.01mm	ESTIMATED CYCLE TIME: 2s (1.2%)	FLUTES: 3	
STOCK TO LEAVE: 0mm	COOLANT: Flood		
Operation 3/9		T4 D4 L4	
DESCRIPTION: Трассировка2	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm	TYPE: chamfer mill	
STRATEGY: 3D Path	MAXIMUM FEEDRATE: 1000mm/min	DIAMETER: 15mm	
WCS: #0	CUTTING DISTANCE: 33.8mm	TAPER ANGLE: 45°	
PATTERN GROUP: A	RAPID DISTANCE: 20mm	LENGTH: 75mm	
TOLERANCE: 0.01mm	ESTIMATED CYCLE TIME: 2s (1.2%)	FLUTES: 3	
STOCK TO LEAVE: 0mm	COOLANT: Flood		
Operation 4/9		T3 D3 L3	
DESCRIPTION: 2D-KARMAN1	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm	TYPE: flat end mill	
STRATEGY: Pocket 2D	MAXIMUM FEEDRATE: 1000mm/min	DIAMETER: 2mm	
WCS: #0	CUTTING DISTANCE: 402.92mm	LENGTH: 16mm	
TOLERANCE: 0.1mm	RAPID DISTANCE: 17.1mm	FLUTES: 3	
STOCK TO LEAVE: 0mm	ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:1s (33.1%)		
MAXIMUM STEPOVER: 1.9mm	COOLANT: Flood		

Operation 5/9 DESCRIPTION: 2D-KARMAN1 (2) STRATEGY: Pocket 2D WCS: #0 TOLERANCE: 0.1mm STOCK TO LEAVE: 0mm MAXIMUM STEPOVER: 1.9mm	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm MAXIMUM FEEDRATE: 1000mm/min CUTTING DISTANCE: 300.04mm RAPID DISTANCE: 26.1mm ESTIMATED CYCLE TIME: 51s (27.7%) COOLANT: Flood	T3 D3 L3 TYPE: flat end mill DIAMETER: 2mm LENGTH: 16mm FLUTES: 3	
Operation 6/9 DESCRIPTION: Сверление1 STRATEGY: Drilling WCS: #0 PATTERN GROUP: B TOLERANCE: 0.01mm	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 10000rpm MAXIMUM FEEDRATE: 500mm/min CUTTING DISTANCE: 10.34mm RAPID DISTANCE: 31.06mm ESTIMATED CYCLE TIME: 2s (0.9%) COOLANT: Off	T1 D1 L1 TYPE: drill DIAMETER: 2mm TIP ANGLE: 118° LENGTH: 22.54mm FLUTES: 1	
Operation 7/9 DESCRIPTION: Сверление1 STRATEGY: Drilling WCS: #0 PATTERN GROUP: B TOLERANCE: 0.01mm	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 10000rpm MAXIMUM FEEDRATE: 500mm/min CUTTING DISTANCE: 10.34mm RAPID DISTANCE: 31.06mm ESTIMATED CYCLE TIME: 2s (0.9%) COOLANT: Off	T1 D1 L1 TYPE: drill DIAMETER: 2mm TIP ANGLE: 118° LENGTH: 22.54mm FLUTES: 1	
Operation 8/9 DESCRIPTION: Сверление1 (2) STRATEGY: Drilling WCS: #0 PATTERN GROUP: C TOLERANCE: 0.01mm	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm MAXIMUM FEEDRATE: 508mm/min CUTTING DISTANCE: 6mm RAPID DISTANCE: 26.73mm ESTIMATED CYCLE TIME: 1s (0.6%) COOLANT: Flood	T20 D20 L20 TYPE: countersink DIAMETER: 12.7mm TIP ANGLE: 90° LENGTH: 50.8mm FLUTES: 3	
Operation 9/9 DESCRIPTION: Сверление1 (2) STRATEGY: Drilling WCS: #0 PATTERN GROUP: C TOLERANCE: 0.01mm	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm MAXIMUM FEEDRATE: 508mm/min CUTTING DISTANCE: 6mm RAPID DISTANCE: 26.73mm ESTIMATED CYCLE TIME: 1s (0.6%) COOLANT: Flood	T20 D20 L20 TYPE: countersink DIAMETER: 12.7mm TIP ANGLE: 90° LENGTH: 50.8mm FLUTES: 3	

Додаток В

Технологічні карти

								1	2
Р	Кичерук Д.В.			КПІ ім.і Ігоря Сікорського					
П	Джуніу Д.Ю								
				Корпус леза для твердосплавної пластини					
	Джуніу Д.Ю								

01																
02	Код		М	Е	Н.		КОД	Профиль и размеры			К	М				
								Ø24x95 мм								
					Код, наименование операции			Обозначение документа								
	Код, наименование оборудования							П						Т	Т	
							D или B		L				S		п	V
	005 Заготівельна															
	Дисковий відрізний верстат МАСС К 225															
	Відрізати зоготовку в розмір 95 мм															
	Механізований затискний пристрій; Стрічкова пила 4180×1,1×34 мм ГОСТ Р 53924-2010; Електронний шьангенциркуль Re2ls 150мм															
							24 мм		95				0,25		-	63
	040 Термічна															
	Піч електрична СНОЛ-40/1100															
	Гартувати і відпустити															
	Пристрій для вимірювання тверості за Роквелом															
МК	Маршрутная карта															

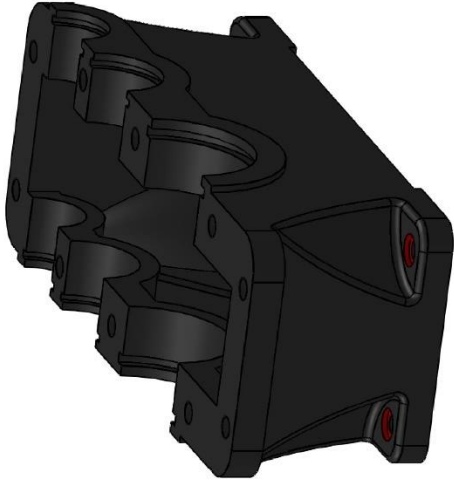
ОРТ 2 1/01 - 26 400000 ?

Додаток Г

Листи

СИНТЕЗ КОНСТРУКЦІЇ РОЗТОЧНИХ ГОЛОВОК ДЛЯ ЗАРИТИХ ПОВЕРХОНЬ ТА АНАЛІЗ ДЕТАЛІ ЩО ОБРОЛЮЄТЬСЯ

Приклади оброблювальних поверхнь

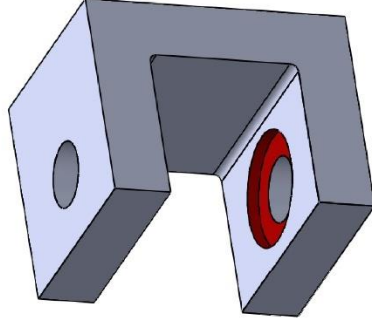


Корпус редуктора

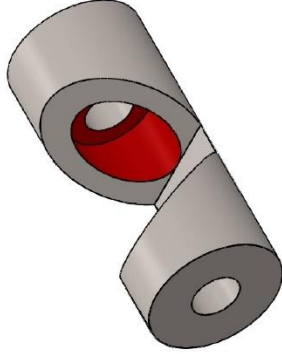


Кулак поворотний

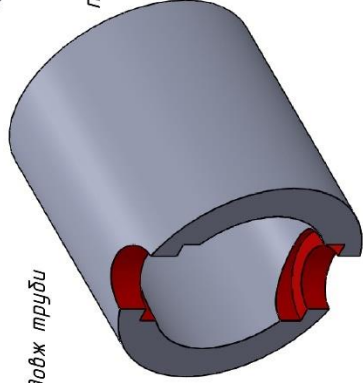
Види можливих поверхнь для обробки



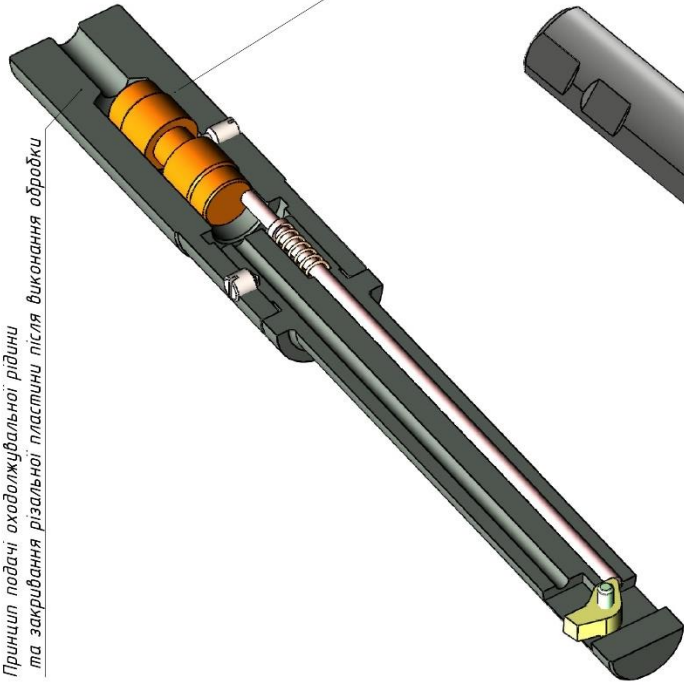
поверхня де можлива обробка тільки через отвір



закрита поверхня в здовж труби

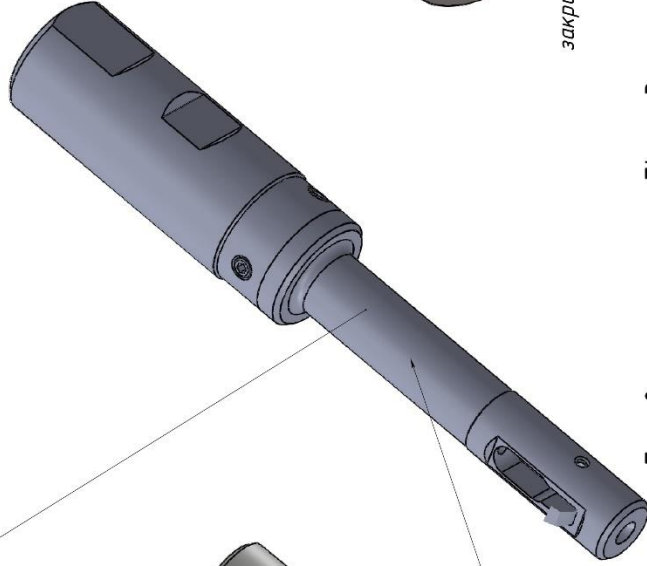


закрита поверхня поперек труби

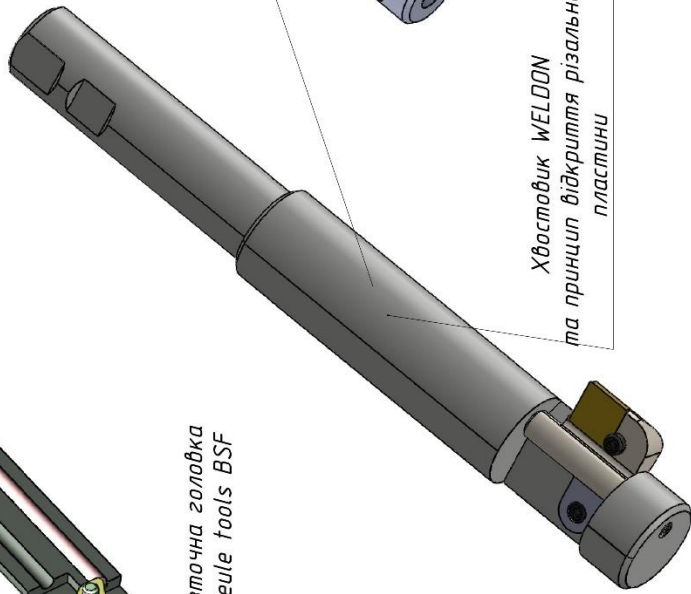


Принцип подачі охолоджувальної рідини та закривання різальної пластини після виконання обробки

Розточна головка Heule tools BSF

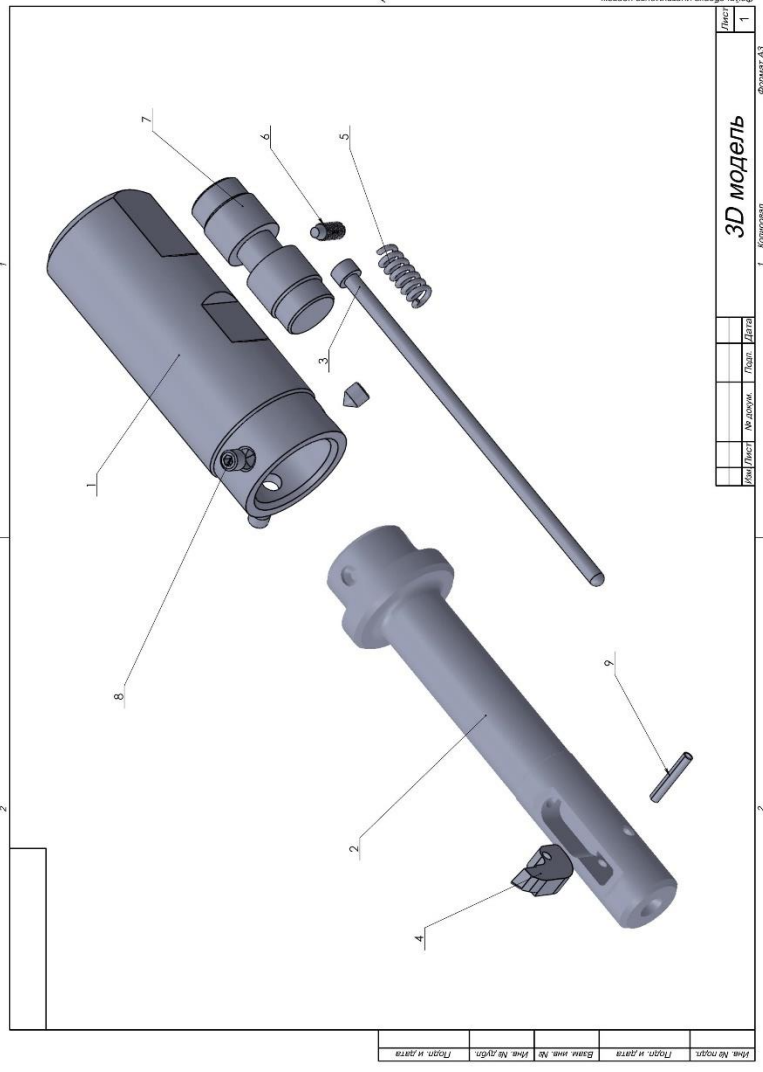
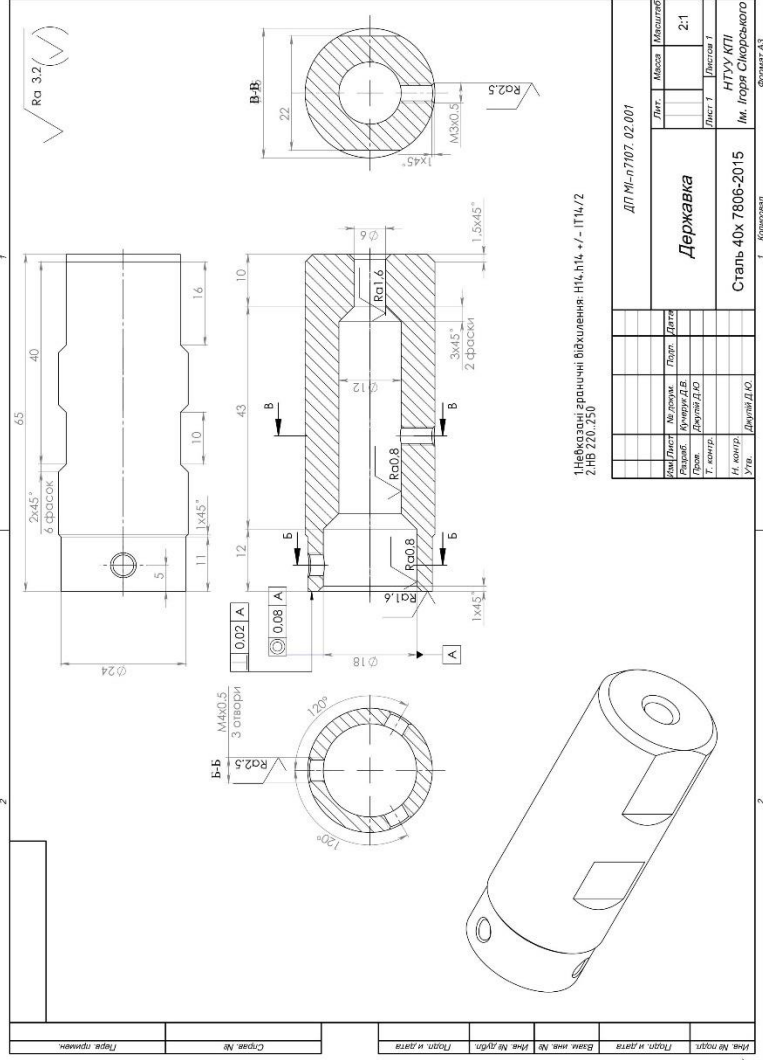
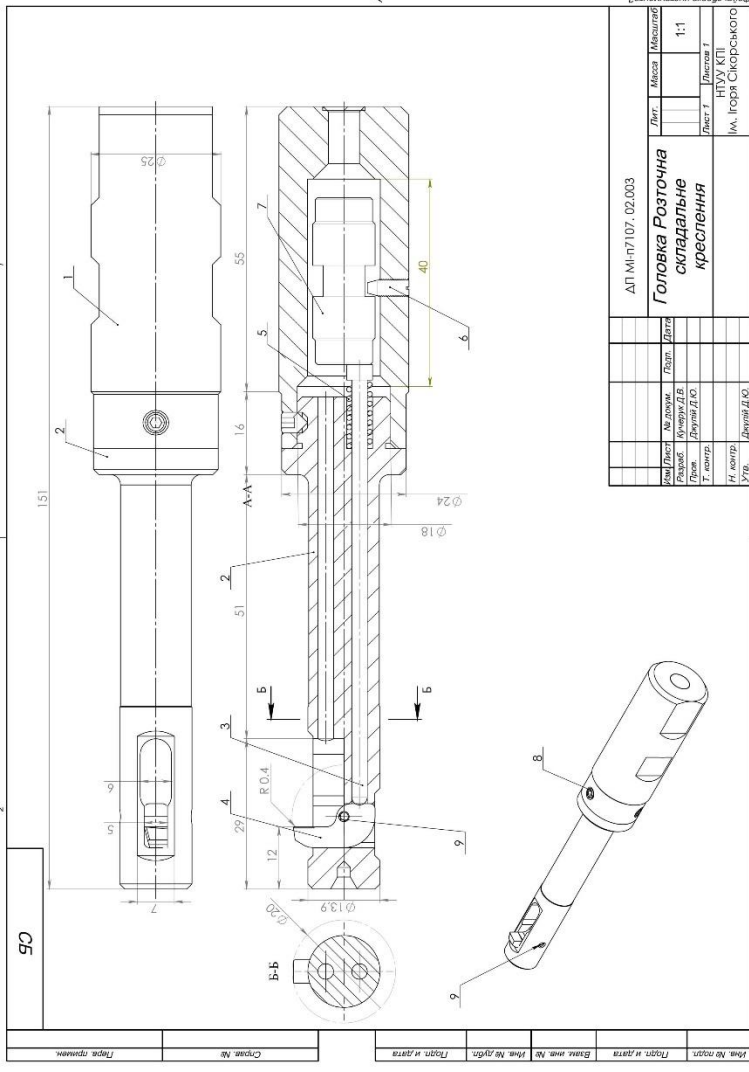
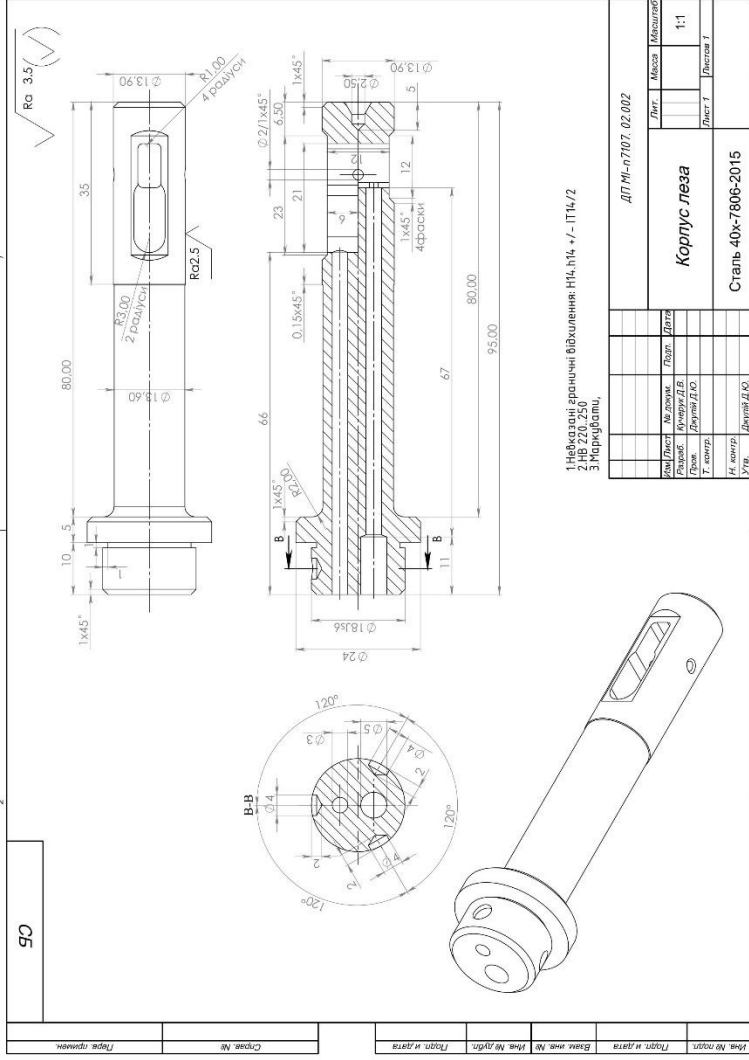


Головка розточна збірна для оброблення закритих поверхнь

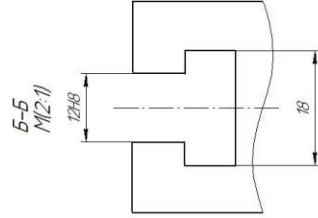
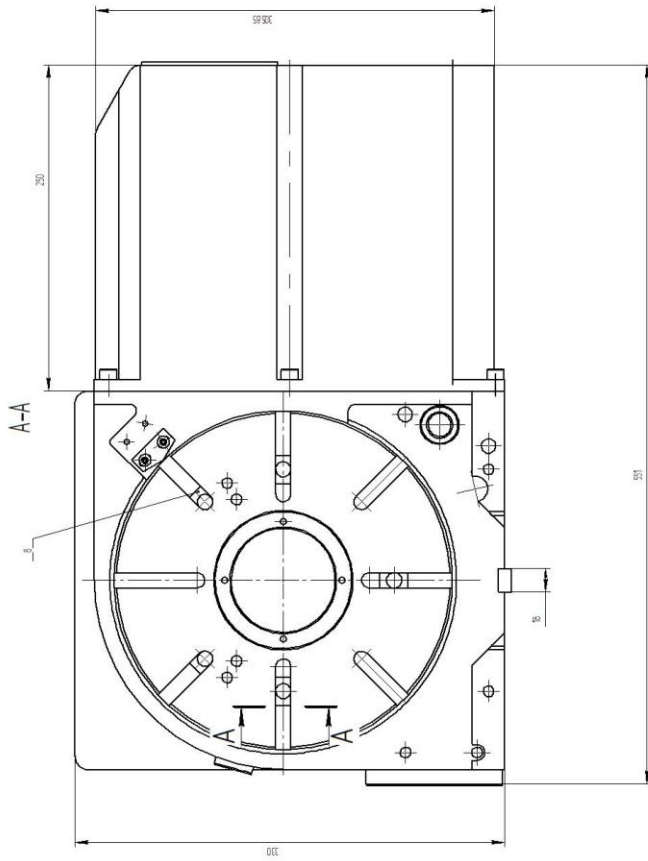


Хвостовик WELDON та принцип відкриття різальної пластини

Розточна головка Autofacer

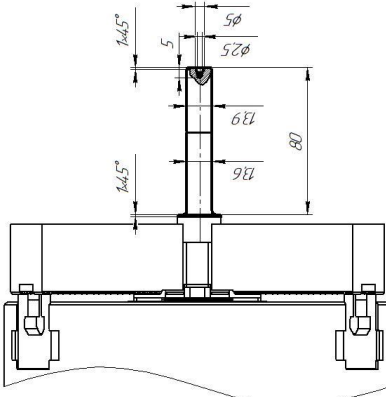
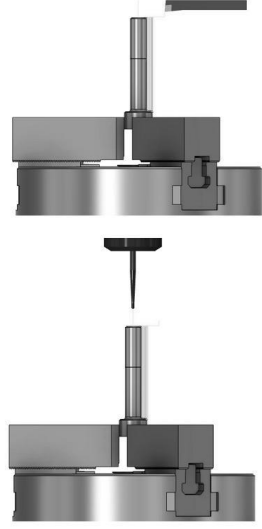


Формат А1

[illegible]

apog-g

M70 WORKPIECE, "TUMBLER", 192 Q-95, -94, -24U	N4.1 G1 Z-80.032
M71 G54, G18	N4.2 X22.8 Z-81.328
M72 G71	N4.3 X24.8 Z-80.328
M73 LIMS-6000	N4.4 G1 Z06
N4.5 G53 G0 Z50.00	N4.5 Y18
N4.6 G53 Y0.00	N4.6 G1 Z-79.9
N4.7 M55 T1, Profile Roughing(*)	N4.7 X18.934
N4.8 G18	N4.8 X20.4 Z-80.182
N4.9 D1M1N	N4.9 X22.4 Z-79.182
N20 T1.01	N50 G0 Z06
N21 Y16.6	N51 X5.6
N22 G1 Z-79.9	N52 G1 Z-79.9
N23 SE175M1	N53 Y18
N24 G54	N54 X20 Z-78.9
N25 G18	N55 G0 Z06
N26 LIMS18-5000	N56 X1.2
N27 D1	N57 G1 Z-79.58
N28 Y18	N58 X3.268 Z-79.612
N29 G0 Y0	N59 X3.365 Z-79.652
N30 Z5.1444	N60 X3.474 Z-79.682
N31 SE175M1	N61 X3.559 Z-79.73
N32 G36 S4-200 M1=3	N62 X3.707 Z-79.765
N33 Z0.6	N63 X3.816 Z-79.793



№	Наименование операции	Возраст	Результат исследования	Им.	5'45" / 1'40" / 7'40"	Т. 0,4
010	Точность ± 0,05		Сварочно цементные Стандарт (DIN SPT) 05 мм HAAS DS-30U Pulse Control Ring process	0,5 / 0,75 / 4,40	8,3 / 0,03	
				5 / 0,8 / 399	0,5 / 0,4	
				0,2 / 0,13 / 750	97 / 1,30	

Графике отображения

технологического процесса

Дат. Массы Темпер.

11

Датиров

1

9-1000

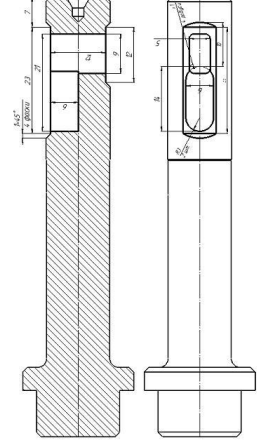
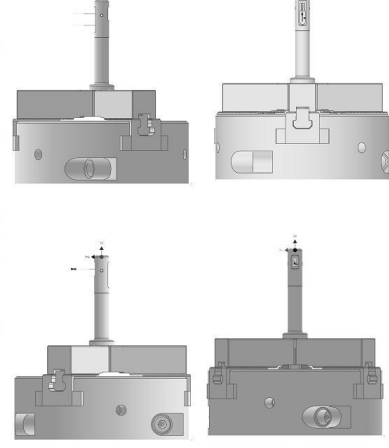
%

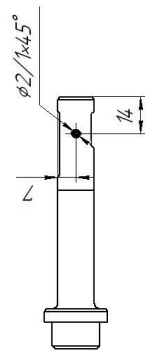
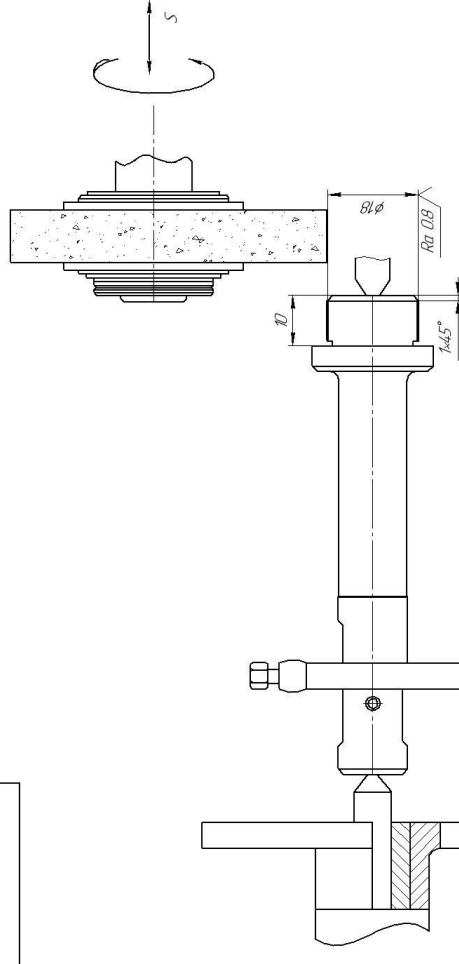
07001
171 D-2, CR-0, TAPER=180EG - DRILL
173 D-2, CR-0 - FLAT END MILL
174 D-5, CR-0, TAPER=45EG - CHAMFER MILL
1720 D-42.7 CR-0, TAPER=90EG - COUNTERSINK
N10 G90 G94 G17 G4.9 G4.0 G80
N15 G21
N20 G28 G91 Z0
N25 G90

N75 G00 Z12
N80 G01 Z5.95 F1000
N85 Y5.952
N90 Z12
N95 G00 Z17
N100 G01 Z5.95 F1000
N145 Y-5.952
N150 Z17
N155 G00 Z27.1

(2)
N170 G68.02 X0 Y0 Z0 J90 J90 K190
N175 G53.1
N180 G4.9
N185 G00 X-115 Y5.74
N190 G4.3 Z27.104
N195 G00 Z17
N200 G01 Z5.95 F1000
N245 Y-5.952
N250 Z17
N255 G00 Z27.1

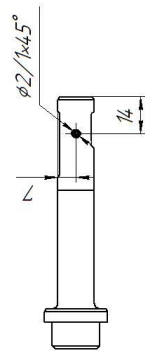
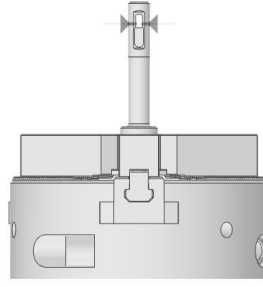
171
N30 T4 M06
N35 T3
N40 S5000 M03
N45 G56
N50 G68.02 X0 Y0 Z0 J90 K0
N55 G53.1
N60 M08
N65 G00 X-115 Y-5.74
N70 G4.3 Z27.104

[illegible]

[illegible]

9-5000

10071
110-2 CR-0, TAPER-180 DEG - DRILL
(1)
N90 G69.2 X0 Y0 Z0.10 J180 K0
N95 G53.1
M07 G10

[illegible]

Додаток Д

Формат		Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
Перв. примен.										
					Документация					
					Сборочный чертеж					
					Детали					
Справ. №										
			1		Корпус леза	1				
			2		Державка	1				
			3		Пружина	1				
			4		Шток	1				
			5		Поршень	1				
		6		Різальна пластина	1					
					Стандартні вироби					
			7		Гвинт МЗ	3				
			8		Штифт ГОСТ 3128-70	1				
			9		ГвинтМ4	1				
Підп. і дата										
Інв. № докл.										
Взам. инв. №										
Підп. і дата										
Інв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Головка розточна збірна для оброблення закритих поверхонь		Лит.	Лист	Листов
	Разраб.	Кучерук Д.В.								1
	Проб.	Джуніу Д.Ю.								
	Н.контр.									
	Утв.									

Копировал

Формат А4

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №					<u>Документация</u>			
					<u>Сборочный чертеж</u>			
					<u>Детали</u>			
			1		Двигун	1		
			2		Планшайда	1		
			3		Патрон	1		
			4		Корпус	1		
			5		Продка	1		
					<u>Стандартні вироби</u>			
Підп. і дата			6		Гвинт МЗ	3		
			7		Штифт ГОСТ 3128-70	1		
			8		Гвинт М4	3		
Інв. № докл.								
Взам. інв. №								
Підп. і дата								
Інв. № посл.	Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Пристосування для фрезерування пазу під твердосплавну пластину		
	Розроб.	Кучерук Д.В.						
	Пров.	Джупіт Д.Ю.						
	Н.контр.							
	Утв.	Джупіт Д.Ю.						
						Лист.	Лист	Листов
								1

Копіював
Формат А4

Додаток Е

ТЕЗИ Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, МАУ 19, 2020 – МАУ 30, 2020.

Оброблення закритих поверхонь розточувальною головкою
Д. В. Кучерук, Д. Ю. Джулій

У виробництві часто постає проблема оброблення закритих поверхонь, такі поверхні зустрічаються, наприклад, в корпусах редукторів та двигунів, в яких доступ є тільки через отвір. Також такі поверхні зустрічаються на вилках, карданних з'єднаннях, внутрішніх поверхнях труб, внутрішніх поверхнях поршнів і т.д. Тому виникає необхідність в якісному обробленні таких поверхонь, оскільки будь-яка невідповідність чи задирка може призвести до катастрофічних результатів.

Для виконання операції оброблення закритих поверхонь можуть використовуватись наступні інструменти: зенкери, цековки, зенківки, розточувальні головки. Розглянуті інструменти мають перевагу над іншим подібним інструментом за рахунок можливості оброблення закритих поверхонь, потрапляючи до них через отвір зі сторони зони свердління. Сили різання, які виникають при виконанні таких операцій, можуть досягати великих значень, тому інструмент повинен мати значну міцність і жорсткість. Саме тому було проаналізовано наступні інструменти для оброблення таких поверхонь: зенківка з відкидною різцевою вставкою [1], розточувальна головка з циліндричним хвостовиком та відкидним лезом [2] та розточувальна головка, яка складається з твердосплавної різальної частини, циліндричного хвостовика, корпусу леза, поршня, пружини, регулюючого штифта [3].

Принцип роботи зенківки з відкидною різцевою вставкою - при повороті вставки з лезом вона займає положення, що дозволяє потрапити їй в зону оброблення через отвір, в робочій позиції під дією сили власної ваги і інерції вона займає робоче положення, після цього включається зворотна подача шпинделя і відбувається оброблення. Дана конструкція не забезпечує надійної фіксації різального леза в закритому положенні. Принцип дії розточувальної головки з відкидним лезом полягає в відкриванні леза за рахунок відцентрових сил, які створює шпиндель при обертанні. Розточувальна головка з поршнем працює наступним чином: на поршень діє тиск охолоджувальної рідини, який натискає на регулюючий штифт, який в свою чергу натискає на лезо і воно вільно проходить через отвір. Після позиціонування інструменту в робоче положення також за допомогою відцентрових сил лезо розкривається і таким чином воно опиняється в робочому положенні [3]. При цьому немає небезпеки самовільного відкриття леза поза робочою позицією. До плюсів другого типу можна віднести його відносну простоту, але мінусами є можливість забивання стружкою, відсутність підведення охолоджуючої рідини, що особливо важливо при обробленні закритих зон. До плюсів третьої конструкції можна віднести надійність фіксації леза в закритому положенні, оскільки воно відтягується назад під тиском охолоджувальної рідини за допомогою поршня, керуючого штифта та пружини. Потік охолоджувальної рідини можна регулювати за допомогою системи керування верстата з ЧПК.

Для визначення параметрів подачі рідини необхідно виконати розрахунки, оскільки від тиску буде залежати чи різальний елемент буде повертатись в не робоче положення, чи буде проходити рідина в зону оброблення.

Отже, проаналізувавши варіанти інструментів для оброблення закритих поверхонь, доцільно виконувати оброблення заданих поверхонь інструментом останнього типу. Для задоволення вимог до оброблення конкретних поверхонь та з урахуванням параметрів обладнання необхідно замінити тип хвостовика на Weldon 25, а також замінити геометричні параметри різального елемента, з урахуванням оброблюваного матеріалу, передній кут на 10° та задній на 5° . Данна конструкція підвищує продуктивність та якість оброблення поверхонь деталей, забезпечує формування поверхонь з допуском по 7-8 квалітетах та шорсткістю Ra 1,25 мкм.

Оброблення закритих поверхонь даною розточувальною головкою покращить якість кінцевої деталі, а також пришвидшить процес оброблення та відведення стружки, а за рахунок охолодження зони різання забезпечить більш продуктивне оброблення.

Ключові слова

Закрита поверхня, розточувальна головка, ЧПК

Посилання

1. Драгун А. П. Режущий инструмент / А. П. Драгун. – Л.: Лениздат, 1986. – 271 с. 2. cogsdill.com [Електронний ресурс] : – Електронні дані. – [Камден, Південна Кароліна, США]. – Режим доступу: <https://cogsdill.com/products/deburring-tools/flipcut/>. 3. [heuletool.com](https://www.heuletool.com) [Електронний ресурс] : – Електронні дані. – [Лавленд, Огайо, США]. – Режим доступу: <https://www.heuletool.com/industries/industries-1/automotive-3/>.